

## **Gemeinsame Tagung des Fachausschusses Physik der Hochpolymeren und der Fachgruppe Kunststoffe und Kautschuk**

**Verband Deutscher Physikalischer Gesellschaften  
Gesellschaft Deutscher Chemiker**

Am 25. und 26. April 1956 fand eine gemeinsame Tagung des Fachausschusses „Physik der Hochpolymeren“ im Verband der Deutschen Physikalischen Gesellschaften e.V. und der Fachgruppe „Kunststoffe und Kautschuk“ der Gesellschaft Deutscher Chemiker in Bad Nauheim statt. Diese Arbeitstagung, auf der in 10 Vorträgen über einzelne Gebiete der Physik und Chemie berichtet wurde, begann mit einer Ansprache zum 75. Geburtstag von Herrn Prof. *H. Staudinger*, gehalten von *W. Kern* (Mainz). Die Tagung stand unter der Leitung der beiden Obmänner, Prof. *F.H. Müller* (Marburg) und Dr.habil. *S. Nitzsche* (Burghausen/Obb.). In den nachfolgenden Autorenreferaten wird über die Vorträge berichtet. Die Veranstaltung ging der Frühjahrstagung der Physikalischen Gesellschaft Hessen-Mittelrhein voraus.

MITTWOCH, DER 25. APRIL 1956

*W. KERN* (Chem. Inst. d. Univ. Mainz): *Zur Entwicklung der makromolekularen Chemie.* (Zum 75. Geburtstag von *H. Staudinger*)

Die wissenschaftliche Grundlage für die Herstellung und Verarbeitung von Kunststoffen, von Kautschuk und von Cellulose ist die von *H. Staudinger* begründete makromolekulare Chemie, deren Fundament die *Kekulé'sche* Strukturlehre ist. Die Entwicklung der makromolekularen Chemie

erforderte neue Begriffe und neue Methoden; an ihrem Anfang steht die Erkenntnis der Existenz polymerhomologer Reihen. Besonders fruchtbar für die Chemie makromolekularer Naturstoffe waren Modelluntersuchungen an synthetischen makromolekularen Stoffen. An den Polyoxymethylenen konnten alle Forderungen der Theorie bis in ihre Feinheiten realisiert werden. Die Untersuchungen an Polystyrolen führten zur Entwicklung der viskosimetrischen und osmotischen Methoden, um nur die wichtigsten zu nennen. Der endgültige Beweis der Existenz von Makromolekeln und ihrer Identität mit den Kolloidteilchen in Lösung erfolgte durch polymeranaloge Umsetzungen. Solche Reaktionen müssen mit einem ungewöhnlichen experimentellen Aufwand durchgeführt werden, damit der Polymerisationsgrad unverändert, die reaktiven Seitenketten aber in dem gewünschten Sinne umgesetzt werden. Die heutige Entwicklung der makromolekularen Chemie fußt auf den Begriffen, die sich aus diesen Untersuchungen an Kautschuk, Zellulose, Stärke und den synthetischen makromolekularen Stoffen ergeben haben. Auch die technische Entwicklung ist ohne dieses Fundament nicht möglich. Noch bedeutungsvoller wird die makromolekulare Chemie für die Biologie sein, da die wichtigsten Naturstoffe wie Polysaccharide, Proteine und Nucleinsäuren makromolekularen Bau besitzen.

G. NATTA (Milano, Istituto di Chimica Industriale): *Stereospezifische Katalysen und isotaktische Polymere.*

Durch stereospezifische Polymerisation, die unter Verwendung von bestimmten Katalysatoren erreicht werden kann, läßt sich eine definierte Anordnung der Monomereinheiten und der in ihnen enthaltenen tertiären Kohlenstoffatome erzielen.

Die so herstellbaren Polymere unterscheiden sich erheblich in ihren physikalischen Eigenschaften wie Schmelztemperatur, Kristallinität, mechanisches Verhalten von den auf dem bisherigen normalen Weg erzeugten linear isomeren Polymerisaten. So besitzt isotaktisches Polystyrol z. B. einen Umwandlungspunkt erster Ordnung bei 230 °C und ist teilweise kristallin. In den kristallinen Bereichen treten u. U. Schraubenstrukturen auf, bei denen neben drei- und vierzähliger auch eine siebenzählige Achse vorkommen kann.

Struktureinzelheiten, physikalische Eigenschaften und der Mechanismus der stereospezifischen Katalyse wurde an einer Reihe von Beispielen behandelt.

(F. H. Müller, Marburg/L.)

G. V. SCHULZ (Inst. f. Phys. Chemie d. Univ. Mainz): *Reaktionskinetik der Molekülverzweigung bei Vinyl-Polymeren.*

Um langkettige Verzweigungen an Polymermolekülen zu bestimmen kann man von folgenden Effekten ausgehen. Der Knäueledurchmesser eines verzweigten Moleküls ist kleiner als der des unverzweigten Moleküls gleichen Molekulargewichtes. Dieser Effekt ist direkt durch Messung der Lichtstreuung bestimmbar und äußert sich indirekt in der herabgesetzten Viskositätszahl. Ferner wird in einem Polymeren, bei dessen Bildung Verzweigungsprozesse eine Rolle spielen, die Verteilungskurve der Molekulargewichte — u. U. sehr erheblich — verbreitert. Die Theorie dieser Effekte ist aber noch nicht weit genug durchgearbeitet worden, um durch ihre Messung zu exakten quantitativen Angaben zu kommen; daher ist es erwünscht, Modellschubstanzen mit definiertem Verzweigungsgrad herzustellen. Prinzipiell ist das auf reaktionskinetischer Basis in folgender Weise möglich. Die Verzweigungen kommen durch Übertragungsreaktion einer wachsenden Kette an einem fertigen Polymermolekül zustande. Wenn man



die Übertragungskonstante bestimmt hat, so kann man die Polymerisationsbedingungen so ansetzen, daß Moleküle definierten Verzweigungsgrades entstehen. Es wird über Messungen der Übertragungskonstanten am Polymethacrylsäurerester und Polystyrol berichtet. Dabei zeigt sich, daß diese Messungen zugleich neuartige Einblicke in die Struktur der Polymermoleküle vermitteln.

#### G. BIER (Farbwerke Hoechst): Über die Struktur von Polyvinylchlorid.

Bei der Untersuchung der Emulsionspolymerisation von Vinylchlorid wurde beim Einsatz von Redoxkatalysatoren gefunden, daß pro Aktivator-moleküle eine größere Anzahl von Polymermolekülen entsteht. Ursache ist eine Übertragungsreaktion zwischen Polymerradikal und monomerem Vinylchlorid. Folge der Übertragungsreaktion ist die Bildung einer Doppelbindung. Der Aktivator wird nur in geringem Maße in die Polymerkette eingebaut. Auch andere Zusatzstoffe des Polymerisationsansatzes, wie Emulgatoren, Schutzkolloide, können eingebaut werden.

Der Verzweigungsgrad von Polyvinylchlorid wird vielfach als Ursache der Instabilität angesehen. Es wurden die kinetischen und verfahrenstechnischen Grundlagen für die Entstehung von Verzweigungen diskutiert. Das kontinuierliche Eintopfdurchlaufverfahren sollte mehr Verzweigungen ergeben als ein diskontinuierliches oder ein kontinuierliches Rohrverfahren bei gleichem Umsatz. Es wurden Produkte nach verschiedenen Verfahren und mit verschiedenen Umsätzen hergestellt und an deren Fraktionen die Viskositäts-Molekulargewichtsbeziehungen (osmotisch) ermittelt. Es wurden Produkte gefunden mit linearer und exponentieller Viskositäts-Molekulargewichtsgleichung. Versuche der Trübungstitrations weisen jedoch darauf hin, daß als Ursache der verschiedenen Viskositäts-Molekulargewichtsbeziehungen nicht nur strukturelle Unterschiede (Verzweigungen), sondern auch Einbau von Fremdgruppen, wie Emulgator, Aktivator, angesehen werden können.

Polyvinylchlorid wurde mit  $\text{LiAlH}_4$  polymeranalog reduziert und der Methylgruppengehalt durch Ultrarot bestimmt. Der Gehalt an Methylgruppen ist zu klein, um exakt bestimmt werden zu können. Man kann jedoch sagen, daß Polyvinylchlorid nur schwach oder nicht verzweigt ist. Bei reinen Polyvinylchlorid-Proben, die nach verschiedenen Verfahren gewonnen sind, sind daher keine allzu großen Unterschiede der physikalischen Eigenschaften zu erwarten.

#### F. HELFFERICH (MPI f. Phys. Chemie Göttingen): Ionenaustauscher.

Kunstharz-Ionenaustauscher bestehen aus einem räumlichen Netzwerk von Kohlenwasserstoffketten, in dem die Festionen verankert sind. Die Ladung der Festionen wird durch bewegliche Gegenionen kompensiert, die gegen andere ausgetauscht werden können. Ionenaustauscher sind unlöslich, wohl aber quellfähig. Die Quellung hängt ab vom Vernetzungsgrad, der Festionenkonzentration, der Art der Gegenionen und der Konzentration der berührenden Lösung. Außer Gegenionen und Lösungsmittel nimmt der Austauscher aus konzentrierteren Lösungen auch Ionen vom Vorzeichen der Festionen auf (Donnan-Gleichgewicht). Aus Lösungen, die mehrere Gegenionenarten enthalten, nimmt der Austauscher bestimmte Ionen bevorzugt auf. Diese Selektivität hängt ab vom Volumen des hydratisierten Ions und von spezifischen Wechselwirkungskräften in Austauscher oder Lösung (z. B. Komplexbildung). Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt beim Ionenaustausch ist die Diffusion der Ionen entweder im Inneren des Austauschers oder durch einen anhaftenden „Film“, der von der Rührung



oder Strömung der Lösung nicht erfaßt wird. Hohe Festionenkonzentration, geringe Konzentration der Lösung, geringe Teilchengröße, geringer Veretzungsgrad und schlechte Rührung begünstigen Film-Kinetik. Zur Berechnung des zeitlichen Ablaufs des Austauschvorgangs ist bisher das erste Ficksche Gesetz herangezogen worden. Richtiger ist die Verwendung der Nernst-Planckschen Bewegungsgleichungen, die dem Einfluß der elektrischen Kräfte (Diffusionspotential) Rechnung tragen. Ionenaustauscher besitzen gute elektrische Leitfähigkeit. Der Stromtransport wird fast ausschließlich von den Gegenionen übernommen. Hierauf beruht die Verwendung von Ionenaustauschermembranen für die modernen Elektrodialyse-Verfahren. Ionenaustauscher können auch in organischen Lösungsmitteln verwendet werden. Ionenaustauscher, die katalytisch wirksame Ionen (z. B.  $H^+$ ,  $OH^-$ ,  $Hg^{++}$ ,  $CN^-$ ) als Gegenionen enthalten, lassen sich als Katalysatoren einsetzen.

DONNERSTAG, DER 26. APRIL 1956

W. SCHEELE (Kautschukinst. a. d. TH Hannover): *Die Vulkanisation des Naturkautschuks durch Verbindungen der Thiuramreihe.*

Bei der Vulkanisation des Naturkautschuks durch Thiuramdisulfide bei Anwesenheit von Zinkoxyd bildet sich eine größere Menge an Zinkdithiocarbaminat. Bei Anwendung der konduktometrischen Titrationsanalyse zur quantitativen Bestimmung des gebildeten Dithiocarbaminates sowie des in den Vulkanisaten jeweils noch vorhandenen Thiuramdisulfides wird gezeigt, daß sowohl die Abnahme der Konzentration des Thiuramdisulfides als auch die Bildung des Dithiocarbaminates Reaktionen 1. Ordnung sind und das Dithiocarbaminat — unabhängig von der Temperatur und der Konzentration des Thiuramdisulfides — einen Grenzwert von 66 Mol% des Thiuramdisulfides erreicht, entsprechend einem Zweidrittel-Umsatz des Disulfides. Sowohl bei der Vulkanisation des Kautschuks mit Thiurammonosulfid und Schwefel (1 g-Atom Schwefel pro Mol Monosulfid) als auch bei der Reaktion des Geraniols mit Thiuramdisulfid werden die gleichen Verhältnisse vorgefunden. Die Temperaturfunktion der Geschwindigkeitskonstanten wurde in allen Fällen erörtert. Zinkoxyd hat einen Einfluß auf die Kinetik der Vulkanisation. Buna S3 verhält sich wie Naturkautschuk.

H. WESTLINNING (Kalscheuren): *Struktur von Füllstoffen und ihre Wirkung in Kautschuk und Kunststoffen.*

Die Wechselwirkung zwischen Kautschuk und den verstärkenden Füllstoffen wird anhand der Bound Rubber-Bildung und dem Einfluß der Füllstoffe auf Vulkanisationseinsatz und -verlauf, sowie auf die Eigenschaften der Fertigvulkanisate aufgezeigt.

Als wesentlicher Faktor für die verstärkende Wirkung von Füllstoffen wird die Unstetigkeit der elektrostatischen Felder, die durch den gestörten Aufbau der Füllstoffpartikel verursacht wird, angesehen. Diese starken elektrischen Felder wirken über die leicht verschiebbaren  $\pi$ -Elektronen polarisierend auf die Doppelbindungen des Kautschukmoleküls. Die so hervorgerufenen Polarisationszustände bestimmen den Einsatz und Ablauf der nachfolgenden Vulkanisationsreaktion. Da jeder Füllstoff ein ihm charakteristisches Spektrum von Polarisationszuständen bewirkt, kann hierin die



Ursache für die unterschiedliche Wirkung dieser Materialien auf Vulkanisationsablauf und Eigenschaften der fertigen Vulkanisate gesehen werden.

Diese Anschauungen sind natürlich nur auf den Verstärkungsvorgang bei doppelbindungshaltigen Polymeren anzuwenden.

Hinsichtlich der verstärkenden Effekte bestehen rein äußerlich gewisse Parallelen auf dem Gebiet der Silikonchemie, da auch dieses Polymer erst durch die Anwendung von Füllstoffen technisch verwendbar wird.

Auch in Kunststoffen, PVC und Polyäthylen, deuten sich Wechselwirkungen zwischen Polymer und aktivem Füllstoff an, die jedoch noch einer systematischen Erforschung bedürfen.

R. ECKER (Farbenfabriken Bayer AG. Leverkusen): *Sekundäre Erweichungsbereiche bei Mischpolymerisaten, Polymerisatgemischen und Pffropfpolymerisaten.*

Mit Hilfe von Schwingungsuntersuchungen an hochpolymeren Stoffen lassen sich charakteristische Erweichungsbereiche an Mischpolymerisaten, Polymerisatgemischen und Pffropfpolymerisaten, auch sekundärer Art, leicht feststellen. Das Auftreten solcher Erweichungsbereiche gestattet aufschlußreiche Aussagen über den Aufbau dieser hochpolymeren Stoffe. Ausgeprägte Nebenmaxima von Mischpolymerisaten, wie Buna SS oder Buna S 3, werden durch Häufungen des Styrols in der Kette gedeutet, die zu sekundären Absorptionsmaxima in der Dämpfungskurve bei Temperaturen oberhalb Zimmertemperatur führen. Analoge Bereiche wurden auch bei Mischpolymerisaten aus Butadien und Acrylsäurenitril festgestellt. Bei Polymerisatgemischen, z. B. einem Verschnitt von Naturkautschuk und Polystyrol oder Polyäthylen, liegt das erste Maximum bei der für Naturkautschuk charakteristischen Temperatur, während das zweite Maximum eindeutig dem Polystyrol bzw. Polyäthylen zuzuordnen ist. Das bekannte Pffropfpolymerisat „Hevea plus“, bei dem Methacrylsäuremethylester auf Naturkautschuk aufpolymerisiert wurde, zeigte ein analoges primäres und sekundäres Maximum wie die entsprechenden Polymerisatgemische aus den beiden genannten Komponenten. Somit stellen diese Schwingungsuntersuchungen wertvolle Methoden dar, mit deren Hilfe es in Verbindung mit anderen chemischen und physikalischen Methoden gelingt, tiefer in die strukturellen Zusammenhänge der Hochpolymeren einzudringen.

H. THURN (Badische Anilin- u. Sodafabr. Ludwigshafen): *Mechanische und dielektrische Schwingungsdämpfung in Hochpolymeren.*

Das Relaxationsverhalten von Molekülteilen in elektrischen und mechanischen Wechselfeldern ist die Ursache für das Auftreten von Maxima in den Frequenz- und Temperaturkurven der Verluste. Die Verschiebung der dielektrischen Verlustmaxima folgt bei polaren, amorphen Hochpolymeren gleichen Gesetzen [H. Thurn, F. Würstlin, Kolloid-Z. 145, 133, 1956]. Aus dieser Verschiebung ergibt sich, daß die zugeordnete Aktivierungsenergie mit steigender Frequenz abnimmt. Die Theorie berücksichtigt diese und andere Effekte nicht und kann deshalb nur qualitative Aussagen über Bewegungsmechanismen und Zusammenhaltskräfte liefern. Solche qualitativen Aussagen kann man aber einfacher durch Vergleich der Kurven gewinnen, die man bei systematischer Variation der chemischen Konstitution der untersuchten Stoffe mißt [K. Schmieder, K. Wolf, Kolloid-Z. 134, 149, 1953]. Der Vergleich von elektrischen und mechanischen Dämpfungsmessungen, die bei  $2 \times 10^6$  Hz als Funktion der Temperatur an Polyvinylestern, Polyacrylestern und Polyvinyläthern durchgeführt wurden, hat gezeigt, daß die mechanischen Verlustmaxima bei tieferen Temperaturen liegen als die



dielektrischen. Berücksichtigt man die verschiedene Art der Molekülbewegungen in einem mechanischen und einem elektrischen Wechselfeld, so kann man aus diesen Temperaturunterschieden zwischen und innerhalb der drei Reihen Aussagen über Zusammenhaltskräfte, insbesondere Dipolkoppelungskräfte und über die unterschiedliche Beweglichkeit von polaren Gruppen gewinnen [H. Thurn, K. Wolf, Kolloid-Z. im Druck].

K. WOLF (Meß- u. Prüfabt. d. BASF Ludwigshafen/Rh.): *Über die Bestrahlung von Kunststoffen mit energiereicher Strahlung.*

Zunächst wird ein Überblick über die verschiedenen Arten energiereicher Strahlung und ihre Wechselwirkung mit Materie gegeben. Im Vordergrund der Betrachtung steht die Wechselwirkung mit der äußeren Elektronenhülle, vor allem die Ionisation und Dissoziation. Es werden u. a. die Unterschiede in der Energieabsorption bei den verschiedenen Korpuskularstrahlarten und der Quantenstrahlung besprochen. Die Erscheinungen werden im Hinblick auf die Kunststoffbestrahlung diskutiert und die hierfür in Frage kommenden Strahlenquellen, ihr experimenteller Aufbau, das Durchdringungsvermögen, die Intensität und Homogenität der Strahlung und die Wirtschaftlichkeit der Erzeugung behandelt.

In einem zweiten Teil wird ein Überblick über die aus der umfangreichen Literatur bekanntgewordenen Versuchsergebnisse bei der Bestrahlung von verschiedenartigen Hochpolymeren gegeben und an Einzelbeispielen der Molekülabbau, die Vernetzung, die dabei auftretenden Oxydationserscheinungen und die verschiedene Stabilität und damit gegebenenfalls verbundene Schutzwirkung bestimmter Molekülgruppierungen gegenüber der Einwirkung energiereicher Strahlungen behandelt.

In einem dritten Abschnitt werden gemeinsam mit H. Thurn und K. Schmieder [Erscheint demnächst ausführlich an anderer Stelle] angestellte Versuche an mit Reaktor-Strahlung und mit Röntgenstrahlung bestrahltem Polyäthylen behandelt. Es wird an Hand von Ultraschall- und Torsionsschwingungsmessungen sowie röntgenographischen und polarisationsmikroskopischen Untersuchungen an gegen Sauerstoffeinwirkung geschützten bestrahlten Proben gezeigt, daß die mit wachsender Strahlungsdosis zunehmende Vernetzung zunächst oberhalb des Schmelztemperaturbereiches gummielastisches Verhalten hervorruft. Anschließend wird mit enger werdenden Netzbögen eine Zunahme des Elastizitäts- bzw. Schubmoduls im gummielastischen Bereich bei gleichzeitig abnehmender Kristallinität beobachtet. Die Oxydation an in Gegenwart von Luft bestrahlten Proben zeigt sich in Unterschieden zwischen Innerem und Äußerem der Probe bezüglich Polarität, Elastizität und Kristallinität.

H. KIESSIG (Glanzstoff-Courtaulds, Köln): *Die Bedeutung von Langperiodeninterferenzen für die Struktur von Hochpolymeren.*

Die Röntgenstrahl-Interferenzen mit geringem Abbeugungswinkel werden durch die feinkristalline Struktur von Fasern verursacht. Die kontinuierliche Kleinwinkelstreuung in Richtung quer zur Faser wird durch die fibrilläre Unterteilung der Einzelfasern verursacht. Die Langperiodeninterferenzen in Faserrichtung, die hauptsächlich bei den synthetischen Fasern auftreten, sind mit der Länge der Ordnungs- und Unordnungsbereiche verknüpft. Bei Zellulose waren bisher nur bei Reyonfäden, die in Wasser auf 200 °C erhitzt worden waren, Langperiodeninterferenzen auf dem Meridian gefunden worden. Überraschenderweise zeigen hydrolytisch abgebaute Zellulosefäden einen z. T. recht starken Meridianreflex, besonders wenn die Fäden in Wasser gequollen untersucht werden. Während bei Fortisanfäden

erst nach der Hydrolyse bei 100 °C eine große Periode von 150 bis 160 Å beobachtet wird, tritt bei Reifenseide (Viskoseverfahren) schon nach Hydrolyse bei Raumtemperatur die große Periode (hier 177 bis 196 Å) in Erscheinung. Nach Hydrolyse bei 100 °C wird bei Reifenseide in Wasser gequollen 140 bis 145 Å beobachtet. Im trockenen Zustand sind die entsprechenden Werte 112 bis 125 Å, also niedriger. Es wird die Anschauung vertreten, daß die künstlich gesponnenen Zellulosefäden bereits eine periodische Anordnung von Ordnungs- und Unordnungsbereichen aufweisen. Es tritt diese aber erst durch die Hydrolyse deutlich in Erscheinung, dadurch, daß ein stärkerer Dichteunterschied zwischen Ordnung und Unordnung entsteht, weil zuerst in den Unordnungsbereichen Zellulose gelöst wird, wodurch Lücken entstehen. Da schon an unbehandelten Zellulosefäden bei Aufnahme im gequollenen Zustand ein schwacher Meridianreflex (150 Å) gefunden wird, wird die Annahme gestützt, daß in den Fäden bereits vor der Hydrolyse eine periodische Anordnung in Längsrichtung vorhanden ist.



## Physikertagung in Bad Nauheim

### Physikalische Gesellschaft Hessen-Mittelrhein

Die Physikalische Gesellschaft Hessen-Mittelrhein hatte im März dieses Jahres zu einer Tagung vom 27. bis 30. 4. 56 im *William G. Kerckhoff* Herzforschungsinstitut der *Max-Planck*-Gesellschaft in Bad Nauheim eingeladen. An den beiden dieser Tagung vorausgegangenen Tagen, dem 22. und 26. 4. 1956, hielten die Fachgruppen „Kunststoffe und Kautschuk“ der Gesellschaft Deutscher Chemiker und des FA „Physik der Hochpolymeren“ im Verband Deutscher Physikalischer Gesellschaften eine gemeinsame Tagung ab, deren Vorträge so abgestimmt waren, daß sie zur folgenden Physikertagung, die von rund 500 Teilnehmern besucht war, hinüberleiteten.

Das wissenschaftliche Programm der Tagung der beiden Fachgruppen umfaßte 11 Vorträge aus der Chemie und Physik der Hochpolymeren und das der Physikertagung 8 zusammenfassende Vorträge aus der Festkörperphysik, Kernphysik und Hochfrequenztechnik sowie 31 Einzelvorträge (z. T. mit experimentellen Darbietungen). Große Beachtung fanden auch zwei Vorträge aus Grenzgebieten der Physik, von Herrn *Walther* über Recherchieranlagen und von Herrn *Zinke* über Transformationsprinzipien der Hochfrequenztechnik.

Die örtliche Tagungsgeschäftsführung und Zusammenstellung des wissenschaftlichen Programmes lag in den Händen von Herrn *Hanle*.

Die Tagung selbst wurde von dem Vorsitzenden, Herrn *Ewald*, eröffnet. Er begrüßte zunächst die erschienenen Gäste, darunter den Vertreter der englischen Botschaft, Mr. Dr. *Jolly*, den Vertreter der französischen Botschaft, M. Dr. *Ad. Lutz*, Herrn Dr. M. v. *Laue* aus Berlin, den Landrat des Kreises Friedberg, Herrn Dr. E. *Milius*, Herrn Stadtrat *Kuhl* als Vertreter des Bürgermeisters von Bad Nauheim, Herrn Kurdirektor Dr. *Montenbruck*.



Herrn Prof. Dr. O. H. Gauer als Hausherrn des Kerckhoff-Institutes, Vertreter der Presse, Physiker der Deutschen Demokratischen Republik, Physiker des Auslandes und die übrigen Tagungsteilnehmer.

In seiner Eröffnungsansprache bedauerte Herr Ewald außerordentlich das Ausbleiben des Hessischen Ministers für Erziehung und Volksbildung, Herrn Arno Hennig, der wegen der zur gleichen Zeit in Wiesbaden stattfindenden Gründungsversammlung des Stifterverbandes in Anwesenheit des Bundespräsidenten am Erscheinen verhindert war.

Herr Ewald dankte anschließend sowohl der Regierung von Rheinland/Pfalz als auch der Hessischen Regierung für die in der Zwischenzeit auf unseren Wunsch hin gewährte Unterstützung der Physikalischen Institute durch Erhöhung der Personal- und Sachetats. Wenn auch diese Erhöhung noch nicht alle Wünsche erfüllen kann, so ist doch ein erster Schritt in dieser Richtung getan worden. Es müssen aber unbedingt weitere Schritte getan werden, und zwar dringend! Die Physikalische Gesellschaft Hessen-Mittelrhein wird ihre diesbezügliche Bemühung deshalb fortsetzen.

### *Bericht über die Mitgliederversammlung*

Im Rahmen der Tagung der Physikalischen Gesellschaft Hessen/Mittelrhein fand am Sonnabend, dem 28.3.56 um 11 Uhr im *Kerckhoff-Institut* eine Mitgliederversammlung statt, zu der neben dem gesamten Vorstand und den Kassenprüfern, über 80 Mitglieder erschienen waren.

1. *Jahresbericht.* Einleitend erstattete Herr Ewald den Jahresbericht. Die Physikalische Gesellschaft Hessen-Mittelrhein hat ihr Augenmerk im wesentlichen auf zwei Dinge gerichtet.

a) Der Vorstand hat sich bemüht, von den Regierungen in Hessen und Rheinland/Pfalz mehr Geld für die Physikalischen Institute der Hochschulen zu erhalten. Diese Bemühungen haben in beiden Ländern zu Erfolgen geführt. Wenn auch von den z. B. in Hessen geforderten DM 750 000,— für die Erhöhung der Personal- und Sachetats aller Physikalischen Institute der hessischen Hochschulen nur ein Teil erreicht werden konnte, so muß doch diese Leistung der Hessischen Regierung ebenso wie in Rheinland/Pfalz dankenswert anerkannt werden. Die Physikalische Gesellschaft wird sich auch weiterhin in dieser Richtung bemühen, damit unsere Physikalischen Institute in jeder Hinsicht gestärkt werden.

b) Die Anzahl der Mitglieder ist von etwa 170 im Jahre 1954 auf über 500 gestiegen.

2. Herr Weiss erstattete den Kassenbericht. Die Kassenprüfer, die Herren Czerny und Müser bestätigten die Richtigkeit. Auf Grund des Berichtes der Kassenprüfer wurde dem gesamten Vorstand Entlastung erteilt.

3. Als *Kassenprüfer* für das kommende Geschäftsjahr wurden wiederum die Herren Czerny und Müser gewählt, welche die Wahl angenommen haben.

4. Der von der *Satzungskommission* ausgearbeitete und jedem Mitglied zugestellte Entwurf unserer Satzungen wurde bei 4 Stimmenthaltungen angenommen. Jedes Mitglied wird ein Exemplar der neuen Satzung erhalten.

5. Bei der *satzungsgemäßen Wahl* ergab sich folgender neuer Vorstand: Vorsitzender: Mattauch; Stellvertr. Vorsitzender: Ewald; Beisitzer: Bergmann, Hahn, Hanle, Hund, Kalkner, König, Schott, Walcher; Schriftführer: Neuroth; Kassenführer: Carl.

H. Klarmann, Bad Kreuznach

Vormittag

M. VON LAUE (Fritz-Haber-Institut d. MPG, Berlin-Dahlem): *Strahlenweg von Röntgen-Strahlen im Kristall.*

W. WALCHER (Phys. Inst. d. Univ. Marburg): *Neue Ergebnisse der Kernphysik.*

Nachmittag

A. LORENZ (W. C. Heraeus G. m. b. H. Hanau): *Die Erzeugung sehr starker Elektronenstrahlen an Luft mittels Druckstufenstrecken (mit Vorführung eines Gerätes).*

Im Anschluß an die Arbeiten von B. Schumacher und E. Schopper über dynamische Druckstufenstrecken wurde eine Apparatur entwickelt, die Elektronenstrahlen von 15 mA Stromstärke und Spannungen bis zu 180 kV an Luft zu erzeugen gestattet. Der Strahl verläßt die Apparatur durch eine Lochblende von 0,5 mm  $\phi$ . Durch Anwendung sehr starker mechanischer Pumpen (Rootsprinzip) ist es möglich, durch diese Öffnung den Elektronenstrahl auch in Überdruckräume bis zu 10 Atü einzuschießen. Die spezielle Anordnung der Schleusenkammern und die Anbringung einer magnetischen Linse, die den Strahl auf die letzte Blende fokussiert, ermöglichen die hohe Stromstärke. Die Stromstärke ist z. T. durch das Hochspannungsgerät begrenzt und kann noch wesentlich gesteigert werden. Der Elektronenstrahl ist als intensiv blau leuchtende Kugel zu sehen, die durch die Streuung der Elektronen an der Luft entsteht. Unmittelbar vor der Austrittsöffnung ist die lokale Energiedichte außerordentlich hoch. Daher ist der Elektronengenerator mit Druckstufen neben den sonstigen Anwendungsmöglichkeiten für freie Elektronen in der Luft, wie z. B. direkte Anregung der Röntgenstrahlung von Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen vor allem eine neue bequem zu handhabende Energiequelle mit hoher, lokaler Energiekonzentration.

CHR. MENZEL-KOPP und E. MENZEL (Phys. Inst. d. TH Darmstadt): *Der Temperatureinfluß auf die Elektronenbeugung in Reflexion und Durchstrahlung.* (Vorgetr. von E. Menzel)

Mit Hilfe der Elektronenbeugung wird der Temperaturgang der Gitterschwingungen bei Kupfer und Silber untersucht. Interferenzen, die durch Reflexion am massiven Kristall entstehen, geben Auskunft über die Verhältnisse in einer dünnen Oberflächenschicht. Wie sich zeigte, wachsen hier die Amplituden der Wärmeschwingung mit steigender Temperatur rascher als im Kristallinneren. Auf die Verhältnisse im Kristall wird aus der Beugung bei Durchstrahlung von Aufdampfschichten geschlossen. Auch hier zeigt sich, wenngleich schwächer, der Einfluß nichtlinearer Bindungskräfte. Dieser Einfluß läßt sich kennzeichnen mit einer Grenztemperatur  $T_0$ , die bei der Wärmeamplitude formal über alle Grenzen wächst, sie ist durch Extrapolation bestimmbar.  $T_0$  kann in Beziehung gesetzt werden zur Theorie von Mie-Grüneisen. Es wird der Vergleich mit vereinzelt analogen Röntgenbeobachtungen gezogen. [Siehe Z. PHYS. 142, 245 (1955) und ebenda in Druck.]



D. KAMKE und H. SEGUIN (Phys. Inst. d. Univ. Marburg): *Die Röntgen-Streuung einer 200 kV-Ionenbeschleunigungsanlage.* (Vorgetr. von D. Kamke)

Jede Ionenbeschleunigungsanlage emittiert im Betrieb auch Röntgenstrahlung, die von Elektronen ausgelöst wird, welche im Beschleunigungsrohr in entgegengesetzter Richtung wie die Ionen beschleunigt werden. Diese Röntgenstrahlung hat eine erstaunlich große Intensität. Die durchgeführten Messungen erlaubten einerseits die Bestimmung der Strahlungsquellstärke und andererseits eine Aussage über das Spektrum der Röntgenstrahlung und damit über den Herkunftsort der Elektronen.

E. W. BECKER und W. HENKES (Phys. Inst. d. Univ. Marburg): *Die Messung der Geschwindigkeitsverteilung von Lavalstrahlen nach einer Laufzeitmethode.* (Vorgetr. von W. Henkes)

In einer früheren Arbeit wurde experimentell gezeigt, daß sich mit einer Lavaldüse wesentlich höhere Molekularstrahlintensitäten erzeugen lassen als mit einem Ofenspalt [E. W. Becker und K. Bier, Z. NATURFORSCH. 9a, 975, 1954.] Es wurde vermutet, daß die höheren Intensitäten der Lavalstrahlen auf einer einheitlicheren Geschwindigkeitsverteilung beruhen. Durch Anwendung einer Laufzeitmethode konnte nunmehr die Geschwindigkeitsverteilung der Strahlen als stehendes Bild auf einem Oszillographen vermessen werden. Es zeigte sich, daß das Verhältnis von wahrscheinlichster Geschwindigkeit und Halbwertsbreite der Verteilung bei Lavalstrahlen etwa doppelt so groß ist wie bei „Ofenstrahlen“. Eine Anwendung der Methode auf Strahlen aus Gasgemischen liefert Einblicke in den Mechanismus des „Trenndüsen“-Effektes. [E. W. Becker, K. Bier und H. Burghoff, Z. NATURFORSCH. 10a, 565, 1955.]

C. BRUNNÉE (Phys. Inst. d. Univ. Marburg): *Die Reflexion von Alkaliionen an reinen Molybdän-Oberflächen.*

Mit einem 60°-Massenspektrometer wird im Energiebereich 0,4 bis 4 keV der Reflexionsfaktor  $\varrho$  (Zahl der reflektierten Ionen/Zahl der auftreffenden Ionen) der Alkaliionen beim Auftreffen auf eine reine Mo-Oberfläche gemessen. Bei 2 keV werden die Energieverteilung der reflektierten Ionen sowie der Isotopieeffekt ( $\varrho [^6\text{Li}^+]/\varrho [^7\text{Li}^+]$ ,  $\varrho [^{39}\text{K}^+]/\varrho [^{41}\text{K}^+]$ ,  $\varrho [^{85}\text{Rb}^+]/\varrho [^{87}\text{Rb}^+]$ ) bei der Reflexion auf Strahlen aus Gasgemischen liefern zu einer einfachen Modellvorstellung (klassischer Stoß freier starrelastischer Kugeln) von der Ionenreflexion.

O. VON ROOS (Phys. Inst. d. Univ. Marburg): *Theorie der Reflexion positiver Ionen an Metalloberflächen.*

Es wird eine Theorie der Reflexion von Ionen an Metalloberflächen im Energiebereich von 1–10 keV beschrieben. Unter der Annahme einer Vielfachstreuung der in das Metallgitter eindringenden Primärionen gelingt es, durch Lösung einer dem Problem angepaßten Boltzmann-Gleichung, den Anteil der rückdiffundierenden, verlangsamten Ionen („reflektierte Ionen“) zu berechnen und befriedigende Übereinstimmung mit dem Experiment zu erhalten. Es wird weiter an Hand eines Diagrammes der Zusammenhang der vorliegenden Theorie mit dem Mechanismus der kinetischen Emission von Sekundärelektronen und der Kathodenzerstäubung aufgezeigt.

TH. GAST (Inst. f. Techn. Physik d. TH Darmstadt): *Steigerung von Empfindlichkeit und relativer Genauigkeit der elektrischen Mikrowaage.*

Durch konstruktive und schaltungstechnische Maßnahmen konnte bei einem Versuchsmodell der elektrischen Mikrowaage eine Nullpunktskon-

stanz von  $0,1 \mu\text{p}$  über mehrere Stunden erreicht werden. Ferner wurden Betrachtungen darüber angestellt, wie man den an sich schon recht kleinen Übersetzungsfehler, dessen Schwankungen in die relative Meßgenauigkeit eingehen, konstant halten kann. Dies ist bei geschickter Wahl der Parameter, wie Eigenfrequenz der Drehspule, Betriebsfrequenz, Rückstellkraft des Systems, in gewissen Grenzen möglich. Trifft man außerdem noch Vorkehrungen zur Konstanthaltung des magnetischen Gleichfeldes oder kompensiert den Einfluß von Änderungen der Kraftflußdichte, so läßt sich wahrscheinlich eine relative Genauigkeit von  $10^{-4}$  in der Anzeig eines äußeren mechanischen Momentes bzw. eines Gewichtes erzielen.

*H. KLUMB (I. Phys. Inst. d. Univ. Mainz): Fortschritte auf dem Gebiete der Schwebstoff-Meßtechnik.*

Es wird über Herstellungsverfahren von Normal-Aerosolen mit Teilchengrößen unter  $1 \mu$  sowie über die Entwicklung neuer Beobachtungs- und Untersuchungsverfahren berichtet, insbesondere über ein mit Zentrifugalbeschleunigung mit oder ohne überlagertem elektrischem Feld arbeitendes Aerosol-Spektrometer, das es gestattet, die verschiedenen Teilchengrößen eines Aerosols getrennt zu deponieren und damit der Untersuchung zugänglich zu machen.

*A. SCHÜTZ (I. Phys. Inst. d. Univ. Mainz): Untersuchungen zur elektrischen Aufladung von Aerosolen.*

Die elektrische Ladung natürlich aufgeladener Aerosole wurde gemessen und der Zusammenhang zwischen der Aufladung und der Dielektrizitätskonstanten der verwendeten Substanzen diskutiert. Ferner wurden Untersuchungen über eine künstliche unipolare Aufladung von Aerosolen mit Hilfe einer Koronaentladung durchgeführt. Die Meßergebnisse zeigten eindeutige Abhängigkeiten der Aufladung von der Größe und der Dielektrizitätskonstanten der Tröpfchen sowie von der Ionendichte der Koronaentladung.

*S. DÜMMLER (I. Phys. Inst. d. Univ. Mainz): Eine Methode zur Molekulargewichtsbestimmung von Gasen und Dämpfen im Hochvakuum.*

Durch geeignete Kombination eines thermischen Molekularmanometers mit einem rotierenden Reibungsmanometer wurde es möglich, das mittlere Molgewicht (2 bis 300) beliebiger Gas- und Dampfgemische im Druckbereich von  $2 \times 10^{-3}$  bis  $5 \times 10^{-6}$  Torr mit einer Genauigkeit von 5 % zu bestimmen.

Ein durch thermischen Molekulardruck sowie ein durch Gasreibung hervorgerufenes Drehmoment wirken gleichzeitig auf ein innerhalb eines rotierenden Zylinders leicht drehbar aufgehängtes rotationssymmetrisches Meßsystem. Durch geeignete Wahl der Umlaufgeschwindigkeit und des Umlaufsinns des rotierenden Zylinders lassen sich diese Drehmomente kompensieren, und da im Hochvakuum beide dem Druck proportional sind, das Gasreibungs-drehmoment aber zusätzlich vom Molgewicht und der Umlaufgeschwindigkeit abhängt, wird die zur Kompensation erforderliche Drehzahl zugleich ein direktes Maß für das mittlere Molgewicht der Gasphase. Druckunabhängigkeit der Anzeige und kurze Einstellzeit machen dieses Verfahren auch für die Untersuchung und Überwachung laufender Hochvakuumprozesse geeignet. Die Grenzen der Meßgenauigkeit lassen sich auf eine Gasabhängigkeit der Energie- und Impulsakkommodation bei der Wechselwirkung zwischen Gasmolekülen und Systemwänden zurückführen.

*H. KLEINPOPPEN (Gießen-Heidelberg): Dichroismus und Lumineszenz-polarisation an verstreckten Polyvinylalkohol-Folien.*

Dichroismus und Lumineszenz-polarisation von mit lumineszierenden, organischen Farbstoffmolekülen angefärbten Polyvinylalkohol-Folien sind vom



Grad der Verstreckung abhängig. Aus den Messungen der Lumineszenz-polarisation der Folie läßt sich zu jeder Richtungsverteilung der Elemente der amorphen Bereiche der hochpolymeren Substanz eine äquivalente mittlere Verteilung, gekennzeichnet durch einen mittleren Orientierungswinkel, angeben. Verstreckung unter Feuchtigkeitsaufnahme ergibt eine wesentlich höhere Orientierung der Makromoleküle als die Verstreckung im trockenen Zustand. Ein qualitativer Vergleich zwischen Röntgenstruktur- und Lumineszenzuntersuchung zeigt, daß die Orientierungsgüten der Kristallite und amorphen Bereiche parallel zueinander verlaufen. Durch eine UR-Absorptionsmessung ist der Eigendichroismus des Polyvinylalkohols nunmehr vom kurzwelligen UV bis ins Gebiet der Steinsalz-Optik bekannt.

Die Anlagerung von Acridinorange-Molekülen an den Kettenmolekülen des Polyvinylalkohols wird diskutiert.

Elektronenoptische Oberflächen-Aufnahmen von verstreckten Polyvinylalkohol-Folien zeigen rißartige Vertiefungen, die für die lichtoptische Trübung mit verantwortlich sein dürften und quer zur Reckrichtung liegen.

A. BROCKES (Phys. Inst. d. TH Darmstadt): *Die Veränderung des Aufbaus organischer Folien durch Elektronenbestrahlung.*

Die Bestrahlung dünner organischer Folien mit schnellen Elektronen kann u. a. zu Unlöslichkeit, erhöhter Temperaturbeständigkeit, Verfärbung, Vernetzung oder Abbau der Substanz führen. Um quantitative Einzelheiten über die dabei erfolgten Änderungen des Aufbaus der Folien zu gewinnen, wurde die Massendicke und das Ultrarotspektrum ( $1\text{--}15\ \mu$ ) von Zaponlack- und Polystyrolfolien als Funktion der aufgefallenen Ladungsdichte verfolgt. Die Bestrahlung der etwa  $10\ \mu$  dicken Folien erfolgte in einer Vakuumapparatur mit 70 keV-Elektronen bis zu einer absorbierten Maximaldosis von einigen  $10^6\ \text{Ws/g}$ .

Es ergibt sich vor allem ein sehr schneller Abbau der Nitratgruppen des Zaponlacks; der dabei frei werdende Sauerstoff gibt Anlaß zur Bildung von OH-Gruppen. Die Größe des Massenverlustes beweist, daß mit den Nitratgruppen auch Teilstücke der eigentlichen Zellulosekette abgebaut werden. Im Gegensatz dazu ist Polystyrol wesentlich beständiger. Erst nach längerer Bestrahlung wird der Wasserstoff abgebaut, und zwar der an der Hauptkette und der an den Benzolkernen gebundene etwa gleichschnell. Weitere Einzelergebnisse werden diskutiert und mit anderen Arbeiten verglichen.

W. SCHAEFER (Hartmann und Braun, Frankfurt): *Eine Gleitwinkelmeßsonde zur Flugpolarenmessung.*

Die Flugpolarenmessung, welche zur Bestimmung wesentlicher Flugeigenschaften von Flugzeugen dient, erfordert eine genaue Messung des Gleitwinkels. Es wird eine Meßsonde beschrieben, welche im Schwerpunkt drehbar gelagert ist und durch ein Seil hinter dem Flugzeug hergeschleppt wird. Am hinteren Ende der Sonde angebrachte Stabilisierungsflächen sorgen dafür, daß sich die Sondenachse in die momentane Strömungsrichtung einstellt. Der Winkel zwischen der Sondenachse und der Horizontalen, welcher mit dem Gleitwinkel identisch ist, wird — nach einem Vorschlag von A. Raspet — auf optisch-elektrischem Wege gemessen und kann im Flugzeug registriert werden. Zu diesem Zweck muß das Flugzeug gegen die Sonne fliegen, so daß sich die Flugzeugachse in einer durch Sonne und Zenit gehenden Vertikalebene befindet. Die Sonnenstrahlen werden nach Reflexion an einem im Kopf der Sonde untergebrachten feststehenden und einem drehbaren Spiegel auf einen Spalt geworfen und hinter diesem in zwei parallel zueinander laufende Strahlenbündel geteilt. Ein in der Sonde untergebrachter Heliostat verstellt den drehbaren Spiegel derart, daß der

Winkel zwischen diesen Bündeln und der Horizontalen unabhängig von der Sonnenhöhe wird. Der Winkel zwischen den Bündeln und der Sondenachse ist damit eindeutig dem Gleitwinkel zugeordnet und wird durch eine aus einem Graukeil und zwei Photoelementen bestehende Photometeranordnung in ein elektrisches Signal umgewandelt, welches durch Draht in das Flugzeug übertragen wird. Die Meßgenauigkeit beträgt 3'.

## SONNABEND, DER 28. APRIL 1956

### Vormittag

Der Mitgliederversammlung gingen zwei Hauptreferate voraus:

A. WALTHER (Inst. f. Prakt. Math. d. TH Darmstadt): *Moderne Rechenanlagen für den Physiker.*

O. ZINKE (Inst. f. Fernmeldetechn. Geräte d. TH Darmstadt): *Transformationsprinzipien der Hochfrequenztechnik und ihre Anwendungen.*

### Nachmittag

E. VOGT und W. HENNING (Phys. Inst. d. Univ. Marburg): *Magnetische Messungen an Eisenamalgamen zur Frage Ferromagnetismus und Korngröße.* (Vorgetr. von W. Henning).

Gleich nach der Herstellung liegt das im Quecksilber dispergierte Eisen äußerst feinkörnig vor. Die Sättigungsmagnetisierung frischer Eisenamalgame zeigt eine sehr starke Temperaturabhängigkeit, die darauf schließen läßt, daß die Curiepunkte zu niederen Werten hin verschoben sind. Die Koerzitivkraft nimmt mit abnehmender Temperatur zu. Unter Annahme einer Korngrößenverteilung der Eisenkörner im Amalgam gewinnt man durch die von Néel entwickelte Theorie der spontanen Ummagnetisierung kleiner ferromagnetischer Körner infolge thermischer Schwankungen einen Zugang zum Verständnis dieser Ergebnisse.

E. VOGT und R. LINGELBACH (Phys. Inst. d. Univ. Marburg): *Magnetische Untersuchungen an Cr und Cr-Mischkristallen.* (Vorgetr. von R. Lingelbach)

Im Rahmen der Theorie des Spin-Paramagnetismus läßt sich nach Kriessman die Temperaturabhängigkeit der Suszeptibilität von Cr auf die Lage der Fermi-Grenzenergie in der Nähe eines Minimums der Zustandsdichteverteilung im d-Band zurückführen. Um über die hier herrschenden Verhältnisse weiteren Aufschluß zu erhalten, wurden Suszeptibilitätsmessungen zwischen 66 und 293 °K an Cr und Cr-Mischkristallen mit V, Mn, Fe und Co durchgeführt. Diese Untersuchungen erschienen auch wünschenswert, um weitere Kenntnis über das paramagnetische Verhalten von verdünnten festen Lösungen der Übergangselemente unter sich zu erhalten. Die Messungen ergaben, daß Mn und Fe in Cr mit einem stark temperaturabhängigen Paramagnetismus gelöst werden, der auf 1 bzw. 3 Spinmomente hinweist, während sich V und Co offenbar ohne Moment im Cr-Gitter lösen.



**R. BRENNER** (Vacuumschmelze AG, Hanau): *Textur und Magnetisierungskurve bei Siliziumeisen.*

Die Technik verwendet zunehmend Siliziumeisen mit Gefügeausrichtung (Textur). Die erzielten Magnetisierungskurven weichen jedoch von den Einkristallkurven in Vorzugsrichtung noch bedeutend ab. Zur Aufklärung des Mechanismus der Verschlechterung der magnetischen Eigenschaften durch Orientierungsstreuungen wurden nun die Neukurven für 3% SiFe mit verschiedener Schärfe der Goß-Textur berechnet. Das zugrunde gelegte Modell berücksichtigt nur die magnetostatischen Effekte der Orientierungsstreuung (innere magnetische Streufelder), alle anderen Effekte (z. B. magnetoelastische) werden vernachlässigt. Die Wandverschiebungen werden als reibungslos vorausgesetzt.

Der Vergleich der gemessenen mit den berechneten Kurven zeigt befriedigende Übereinstimmung nicht nur im Hinblick auf den allgemeinen Charakter des Kurvenverlaufs, sondern auch in quantitativer Hinsicht. Die Abweichungen lassen sich aus den vereinfachenden Annahmen des zugrunde gelegten Modells (Homogenität der mittleren Magnetisierung, Reibungslosigkeit der Wandverschiebungen) erklären. Durch das Ergebnis dürfte der Nachweis erbracht sein, daß der Einfluß der Orientierungsstreuungen auf die magnetischen Eigenschaften in der Hauptsache ein magnetostatischer Überlagerungseffekt ist.

**H. HERRMANN und H. THOMAS** (Vacuumschmelze AG, Hanau): *Physikalische Untersuchungsmethoden und Probleme bei Legierungen für Glas-Metall-Verbindungen.* (Vorgetr. von H. Herrmann)

Zur Herstellung haltbarer und hochvakuumdichter Glas-Metall-Verschmelzungen ist die Kenntnis der Eigenschaften, insbesondere des Verhaltens der Wärmeausdehnung, beider Stoffe wichtig. Die Wärmeausdehnung des Glases wird in den entscheidenden Temperaturbereichen durch Umlagerungs- und Relaxationsvorgänge, die der einschlägigen metallischen Werkstoffe durch ferromagnetische Besonderheiten beeinflusst.

Die Prüfung wirft meßtechnische Probleme auf und erfordert spezielle physikalische Verfahren. Denn der einfache Vergleich der Ausdehnungskoeffizienten von Metall und Glas genügt in den meisten Fällen nicht. Es wurden daher Methoden ausgearbeitet, bei denen in polarisiertem Licht die elastischen Spannungen an Einsmelzungen genau definierter Form und Herstellungsart qualitativ und quantitativ bestimmt werden. Eine eigens entwickelte Anordnung gestattet unter einheitlichen Versuchsbedingungen die Messung der elastischen Spannungen bei höheren Temperaturen bis zur Erweichung des Glases. Bei diesen Untersuchungen ergaben sich wichtige Einblicke in den Einfluß der Legierungszusammensetzung und der Vorbehandlung.

Probleme besonderer, physikalisch-metallkundlicher Art bieten die für die vielgebrauchten Hartglaseinsmelzungen geeigneten Fe-Ni-Co-Legierungen. Die vom Fe her bekannte Umwandlung flächenzentriert-raumzentriert führt bereits im Randsystem Fe-Ni zu dem vielfach untersuchten Typ eines hysteres-behafteten, diffusionslosen Gitter-Umklapp-Vorganges und setzt sich auch in das Dreistoffsystem Fe-Ni-Co hinein fort. Legierungen mit guter Anpassung an die betreffenden Gläser neigen mehr oder weniger stark zu dieser Umwandlung, deren Eintreten von beträchtlichen Änderungen der physikalischen Eigenschaften angezeigt wird. In umfangreichen Untersuchungen wurden die Entstehungsbedingungen und der Ablauf dieses Vorganges verfolgt. Besonders augenfällig ist dabei das Auftreten starker örtlicher Spannungsnester in vorher homogenen Einsmelzungen. Zur quantitativen Erfassung der Vorgänge im Metallgitter und ihrer Abhängig-

keit von der Zusammensetzung und der Vorbehandlung wurden in erster Linie die Änderungen des elektrischen Widerstandes herangezogen.

A. STEPPUHN (I. Phys. Inst. d. Univ. Mainz): *Das innere Feld beim Kerr-Effekt von Dipolflüssigkeiten.*

Die Konzentrationsabhängigkeit des Kerr-Effekts von vier polaren, flexiblen Molekülen ist in verschiedenen unpolaren Lösungsmitteln gemessen und wird mit Hilfe einer Verbesserung des inneren Feldfaktors auf der Grundlage der Arbeiten von Onsager und Klages diskutiert. Das Dipolglied der Kerrkonstanten erweist sich dann für die untersuchten Moleküle (Methyläthylketon, Methylisobutylketon, Di-n-Butyläther und n-Dodecylchlorid) in den Lösungsmitteln Hexan und Cyclohexan als unabhängig von der Konzentration. Die bisher in diesen Lösungsmitteln gefundene und teilweise als besondere Flüssigkeitsstruktur gedeutete Abhängigkeit dürfte daher im wesentlichen auf dem nicht richtigen Ansatz für das innere Feld beruhen. Im Lösungsmittel Benzol ist dagegen bei den beiden Ketonen eine merkwürdige Abhängigkeit der molaren Kerrkonstanten von der Konzentration der Lösung festzustellen.

G. KLAGES und R. LANGPAPE (I. Phys. Inst. d. Univ. Mainz): *Dielektrische Untersuchungen zur Frage der rotatorischen Beweglichkeit von OH-Gruppen.* (Vorgetr. von G. Klages)

Dipolmomente und Relaxationszeiten einer Reihe von Benzolderivaten mit OH- und  $\text{CH}_2\text{OH}$ -Gruppen sind in verdünnter Lösung neu bestimmt. Die Relaxationszeit ist aus dem kalorimetrisch gemessenen Dipolverlust bei 3 m Wellenlänge berechnet und erfaßt einen Mittelwert aller Relaxationszeiten des Moleküls, aus dem auf die Drehbarkeit bzw. die Rotationsdiffusionskonstanten der polaren Substituenten geschlossen werden kann. Die beobachtete rotatorische Beweglichkeit der OH-Gruppe in diesen Verbindungen ist deutlich kleiner als die der  $\text{OCH}_3$ -Gruppe. Bei doppelt substituierten Verbindungen werden besonders große Relaxationszeiten gemessen, als deren Ursachen die Bildung von Doppelmolekeln, von Assoziationskomplexen mit dem Lösungsmittel Dioxan und bei o-Substitution die Möglichkeit einer inneren H-Brücke zu diskutieren sind.

L. BERGMANN (Ernst Leitz G. m. b. H. Wetzlar): *Über ein Gerät zur Messung der Piezoelektrizität und zum Nachweis von Pyroelektrizität.*

Es wird ein einfaches Gerät vorgeführt, mit dem sich bei Kristallen, auch wenn sie in kleinster Menge in gepulverter Form vorliegen, der piezoelektrische Effekt messen und der pyroelektrische nachweisen läßt.

L. BERGMANN und H. VOLKMANN (Ernst Leitz G. m. b. H. Wetzlar): *Die Bestimmung der elastischen Konstanten kubischer Kristalle mittels der Methode der Ultraschall-Elastogramme.* (Vorgetr. von L. Bergmann)

Mit der von Schaefer und Bergmann angegebenen Methode der Lichtbeugung an hochfrequent schwingenden Kristallen wurden die elastischen Konstanten einer größeren Zahl kubischer Kristalle neu bestimmt. Es wird versucht, einen Zusammenhang zwischen der Form des Elastogrammes und den Kräften im Kristallgitter zu finden.

D. KOSSEL (Ernst Leitz G. m. b. H. Wetzlar): *Beispiele für optische Resonanzerscheinungen.*

Der Vergleich von mechanischen oder elektrischen Resonatoren mit optischen Interferenzgeräten, wie dem Perot-Fabry-Etalon oder dem Geffcken-schen Silber-Dielektrikum-Silber-Interferenzfilter zeigt, daß man diese



Interferenzgeräte als „optische Resonatoren“ auffassen kann. Diese Resonatoren werden von der auffallenden Lichtwelle zu erzwungenen Schwingungen mit stehenden Wellen zwischen den teildurchlässigen Ag-Schichten angeregt. Theorie und Versuch zeigen, daß: 1) die Amplitude der vom Resonator wieder ausgestrahlten Wellenzüge, 2) die Strahlungsdämpfung des Resonators und 3) die Phase zwischen erregender und remittierter Welle sich so verhalten, wie aus der Analogie zum Pendel oder zum elektrischen Schwingungskreis zu erwarten ist.

Auch die typischen Eigenschaften gekoppelter Schwingungskreise — wie etwa die zunehmende Aufspaltung der Eigenfrequenzen mit wachsender Kopplung — findet man bei Doppelinterferenzfiltern (Ag-Dielektrikum-Ag-Dielektrikum Ag) mit ihren zwei Durchlaßmaximis wieder. Da solche Schichtsysteme als Filter, als Lichtteiler und — wegen ihrer ungewöhnlichen Dispersionseigenschaften im Resonanzbereich — etwa als Phasenblättchen für achromatische Phasenkontrastbeobachtung interessieren, ist es angenehm, wenn man sich ihre Eigenschaften aus der Analogie zu physikalisch vertrauteren Gebilden ableiten kann.

M. RENNINGER (Kristallogr. Inst. d. Univ. Marburg): *Verfahren lichtstarker Projektion von Interferenzringen gleicher Neigung mit Glühlicht (mit Vorführung).*

Eine Erscheinung bei interferometrischen Anordnungen (Michelson, Mach-Zehnder, Sagnac, Kösters u. a.), die man bisher fast ausschließlich als unliebsamen Störeffekt betrachtet zu haben scheint, besteht in Interferenzringen gleicher Neigung, die dadurch entstehen, daß die beiden Teillichtwege über eine gewisse Wegstrecke in Medien verschiedener Brechzahl verlaufen. Es verbleibt dann auch bei Einstellung des achsenparallelen Bündels auf den Gangunterschied Null eine Neigungsabhängigkeit des Gangunterschieds, die ganz ebenso wie diejenige der Haidingerschen Ringe quadratisch mit der Neigung verläuft, im Unterschied von jenen jedoch nicht die höchste, sondern die nullte Ordnung in der Mitte hat. Durch Parallelverschieben einer der Reflexionsflächen, d. h. Veränderung der Wegdifferenz, läßt sich die nullte Ordnung an beliebige Stellen des Ringsystems bringen (in erster Näherung ohne Änderung der Ringabstände). Die Erscheinung läßt sich mit gewöhnlichem Glühlicht in eindrucksvoller Lichtstärke und Farbigkeit für ein beliebig großes Auditorium projizieren.

G. A. VOSS (Berlin-Charlottenburg): *Lichtanregung beim Stoß von Helium mit leichtem und schwerem Wasserstoff.*

Beim Stoß von Wasserstoffionen mit Energien zwischen 2 und 20 keV auf Helium wird das Triplettpektrum des Heliums angeregt. Beim Stoß von Wasserstoffmolekülen auf Helium tritt außerdem eine Dissoziation des Ions auf, bei der die Balmerreihe des neutralen Wasserstoffatoms angeregt wird. Die untersuchten Anregungsfunktionen der Heliumlinien bei 3889 Å ( $2^3S - 3^3P$ ) und 5867 Å ( $2^3P - 3^3D$ ) und der H $\alpha$ -Linie des Wasserstoffs steigen mit wachsender Energie des stoßenden Ions stetig an. Die Anregungsfunktionen beim Stoß von Ionen des schweren und leichten Wasserstoffs können innerhalb der Fehlergrenzen zur Deckung gebracht werden, wenn die angeregte Lichtintensität über der Geschwindigkeit der stoßenden Teilchen aufgetragen wird.

Die Lichtanregung durch Heliumionen in leichtem und schwerem Wasserstoff ist gleich. Das intensive Auftreten der Heliumbogenlinien bei diesem Prozeß sowie das starke Ansteigen der angeregten Lichtintensität bei abnehmenden Stoßenergien deuten jedoch darauf hin, daß es sich hier nicht um eine echte Lichtanregung durch Ionenstoß, sondern um ein Wiedervereinigungsleuchten des Heliums handelt.

Vormittag

Im dritten Tage wurden die nachfolgenden drei zusammenfassenden Berichte gegeben:

H. KÖNIG (Phys. Inst. d. TH Darmstadt): *Neuere Ergebnisse bei der Untersuchung dünner Schichten mit Elektronen.*

W. HANLE (Phys. Inst. d. JLG Gießen): *Wirkung energiereicher Strahlung auf Festkörper.*

H. MÜSER (Phys. Inst. d. Univ. Frankfurt): *Experimentelle Methoden zur Messung von Halbleiter-Konstanten.*

Für das physikalische Verhalten eines Halbleiters sind unter anderem folgende Größen maßgebend: Bandabstand, Störstellendichte; Beweglichkeit, Lebensdauer, freie Weglänge, Diffusionslänge und effektive Masse der Elektronen und Defektelektronen. Alle diese Größen werden durch mehr oder weniger indirekte Methoden bestimmt; genannt seien Gang der optischen Konstanten mit der Wellenlänge, Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit, Halleffekt, magnetische Widerstandsänderung, Thermospannung, An- und Abklingen von Photoeffekt und Lumineszenz, Glow-Kurven, Gleichrichterverhalten, Zyklotron-Resonanz. Es ist das Ziel des Vortrags, den gegenwärtigen Stand der experimentellen Technik darzustellen und die Gültigkeitsgrenzen der Meßmethoden kritisch zu untersuchen.

Nachmittag

J. MATTAUCH, L. WALDMANN, R. BIERI und F. EVERLING (MPI f. Chem. Mainz): *Die Massen der leichten Nuklide.* (Vorgetr. von J. Mattauch)

Das sehr umfangreiche Material von Reaktionsenergien kernphysikalischer Umwandlungen (Q-Werte) und von  $\beta$ -Zerfallsenergien wird auf Widerspruchsfreiheit untersucht und sodann einer Ausgleichsrechnung unterworfen, um die Massen von 70 Nukliden bis  $^{36}\text{Cl}$  zu erhalten. Die Rechnung erfordert u. a. die Auflösung eines Systems von 70 linearen Gleichungen mit 70 Unbekannten. Die noch vorhandenen Diskrepanzen mit massenspektrographischen Bestimmungen verschiedener Autoren werden diskutiert.

L. WALDMANN (MPI f. Chem. Mainz): *Über ein Analogiegerät für die Ausgleichsrechnung und über einen negativen Widerstand für Gleich- und Wechselstrom.*

Die Berechnung der Atommassen  $M_i$  ( $i = 0, \dots, n$ , wobei aber  $M_0 = 0$ : Standard  $^{16}\text{O}$ !) aus kernphysikalischen Daten Q (Reaktions- und  $\beta$ -Zerfallsenergien) erfordert eine Ausgleichsrechnung, da mehr Q-Werte zur Verfügung stehen als zur eindeutigen Berechnung der Massen nötig wären. Die Ausgleichsrechnung läuft auf die Umkehrung der symmetrischen, positiv definiten Matrix  $a_{ik}$  ( $i, k = 1, \dots, n$ ) des Gaußschen Normalgleichungssystems hinaus. Dieses Gleichungssystem ist den Kirchhoffschen Gleichungen eines elektrischen Netzes analog. Die Spannung  $V_i$  am Knoten  $i$  ( $i = 0, \dots, n$ ) ist der Masse  $M_i$  proportional ( $V_0 = M_0 = 0$ ); für den



Widerstand  $R_{ik}$ , welcher zwischen die Knoten  $i, k$  ( $= 0, \dots, n$ ) einzusetzen ist, gilt

$$R_{ik} = -C/a_{ik}; \quad R_{i0} = C/\sum_{l=1}^n a_{il},$$

wo  $C$  ein beliebiger Eichfaktor ist. Die gesuchte Kehrmatrix  $a^{-1}_{ik}$  ( $i, k = 1, \dots, n$ ) erhält man aus dem Netzwidestand  $W_{ik}$ , den man zwischen den Knoten  $i, k$  mißt, gemäß

$$W_{i0} = Ca_{ii}^{-1}; \quad W_{ik} = C(a_{ii}^{-1} + a_{kk}^{-1} - 2a_{ik}^{-1}).$$

Die  $W_{ik}$  sind stets positiv, wenn die Matrix  $a$  positiv definit ist. Dagegen sind die  $R_{ik}$  nur dann alle positiv, wenn die Massen der leichten Geschoßpartikel als fehlerlos bekannt angenommen werden. Im allgemeinen braucht man also auch negative Widerstände.

Ein negativer Widerstand, bestehend aus zwei Trioden, deren Anoden und Gitter wie bei der Multivibratorschaltung wechselseitig miteinander verbunden sind, wurde entwickelt. Im einfachsten Fall gilt für den negativen Widerstand  $R$  dieser Anordnung

$$R = \frac{2}{\mu - 1 - R_i/R_a} R_i,$$

wo  $\mu$  den Verstärkungsfaktor,  $R_i$  den inneren Widerstand,  $R_a$  den Anodenwiderstand jeder der beiden gleichartigen Trioden bedeuten. Wenn  $\mu$  genügend groß ist, liegt ein negativer Widerstand vor. Eine spezielle Anordnung hatte  $-3 \text{ k}\Omega$  Widerstand und dieser Wert war bis  $\pm 12 \text{ Volt}$  auf  $1,5\%$  konstant. [L. Waldmann und R. Bieri, Z. Naturforsch. 10a, 814, 1955]

F. STÖCKMANN (Phys. Inst. d. TH Darmstadt): *Zum Einfluß von Randschichten auf die Gesetze der Photoleitung.*

Die Abhängigkeit lichtelektrischer Ströme von der Bestrahlungsstärke und dem Dunkelstrom kann bei vielen Photoleitern, z. B. beim  $\text{ZnO}$ , durch Potenzgesetze dargestellt werden. Zur Deutung benutzt man durchweg reaktionskinetische Ansätze, für die man ein solches Modell sucht, daß die beobachteten Abhängigkeiten von den Konzentrationen der freien Ladungsträger erfüllt werden. Die dabei gemachte Voraussetzung, daß Strom und Trägerkonzentration einander proportional sind, trifft aber nicht allgemein zu, z. B. nicht, wenn durch Adsorption von Fremdstoffen an der Oberfläche relativ gut leitender Kristalle schlecht leitende Verarmungs-Randschichten entstehen und der Strom im wesentlichen durch sie bestimmt wird. Es wird gezeigt — und im einzelnen für  $\text{ZnO}$  mit adsorbiertem Sauerstoff diskutiert —, daß sich ohne spezielle Annahmen auch in diesem Fall wieder Potenzgesetze zwischen den einzelnen Parametern ergeben, weil nämlich der von der Randschicht-Spannung herrührende Boltzmann-Faktor den Strom und die Adsorptionsvorgänge in gleicher Weise beeinflusst und darum aus dem Zusammenhang zwischen beiden herausfällt. Wenn also Potenzgesetze für die Photoleitung beobachtet werden, so folgt daraus nicht notwendig, daß die Reaktionskinetik von Störstellen und freien Ladungsträgern in einem homogenen Material die wesentliche Ursache dafür ist.

F. LAPPE (Phys. Inst. d. TH Darmstadt): *Über Leitfähigkeitsänderungen aktivierter CdS-Schichten bei Elektronenbestrahlung.*

Dünne, im Hochvakuum aufgedampfte CdS-Schichten, die nach einem Verfahren von Goercke aktiviert wurden, wurden in einer dem Siemens-

Elektronenmikroskop ähnlichen Apparatur mit Elektronen mit Energien von 10 bis 70 keV und Stromdichten bis  $10^{-7}$  A/cm<sup>2</sup> bestrahlt. Die Änderung des Schichtstromes wurde untersucht als Funktion der Schichtdicke, der Beschleunigungsspannung, der Elektronenstromdichte, des Aktivatorgehaltes der Schichten, der Schichtspannung und der Zeit. Bei kleinen Beschleunigungsspannungen  $U_e$  wächst der Schichtstrom zunächst mit  $U_e$  an, erreicht ein Maximum und nimmt bei weiter steigendem  $U_e$  wieder schwach ab. Die Lage dieses Maximums verschiebt sich mit größeren Schichtdicken zu höheren Spannungen. Dieser Kurvenverlauf kann durch die Energieabhängigkeit der Eindringtiefe und der Wechselwirkung der Elektronen mit der Schicht erklärt werden. Der Schichtstrom als Funktion der Elektronenstromdichte folgt in dem beobachteten Bereich keinem einfachen Potenzgesetz. Verstärkungsfaktoren (das ist Schichtstrom/einfallenden Elektronenstrom) von  $10^4$  lassen sich ohne weiteres erreichen. Dieser Verstärkungsfaktor hängt von der an der Schicht liegenden Spannung und der Art und Konzentration der Aktivatoren ab. Schichten, die für Licht im Bereich der Eigenabsorption empfindlicher sind, zeigen auch einen höheren Verstärkungsfaktor. Das gleiche gilt für das Trägheitsverhalten der Schichten.

W. ZIETEN (Phys. Inst., Abt. f. Angew. Phys. d. J.L.H. Gießen): *Zur Ausdehnung und Fehlordnung im Silberbromid.*

Die thermisch-makroskopische Ausdehnung von Silberbromid zeigt gegenüber dem aus elektrischen Leitfähigkeits-Messungen gewonnenem Ergebnis mit vorwiegend *Frenkelscher* Fehlordnung eine auffallende Diskrepanz. Mit Ausdehnungsmessungen an reinem AgBr und AgBr mit CdBr<sub>2</sub>-Zusätzen ist es möglich, den Ausdehnungseffekt, den die Fehlordnungen hervorrufen, von der Gesamtausdehnung abzuspalten und zu untersuchen. Es ergeben sich danach zwei Fehlordnungstypen. Bei Temperaturen unter 250 °C herrscht ein Fehlordnungstyp vor, der nach dem Raumbedarf eines Fehlstellenpaares als *Schottkysche* Fehlordnung gedeutet werden kann. Die Gleichgewichtskonzentration dieser Fehlordnung ist gegeben durch die Gleichung

$$x_s = \sqrt{k_s} \cdot \exp(-E_s/2kT)$$

mit  $\log k_s = 2,6 \pm 0,4$  und  $E_s = (0,9 \pm 0,04)$  eV. Bei höherer Temperatur liegt ein Gemisch zweier Fehlordnungstypen vor. Die Gleichgewichtskonzentration der zweiten, vermutlich *Frenkelschen* Fehlordnung, ist infolge starker Gitterverzerrung nur abschätzbar. Sie liegt in der Größenordnung der *Frenkelschen*, die man mittels elektrischer Leitfähigkeits-Messungen nachweisen konnte.

H. MÜSER (Phys. Inst. d. Univ. Frankfurt): *Zur Thermodynamik von Halbleiter-Kontakten.*

Die Grenze Metall-Halbleiter oder die Grenze zweier verschiedener Halbleiter läßt sich auffassen als „Lötstelle“, die die thermoelektrischen Effekte zeigt (Thermospannung, *Peltier*-Effekt, *Thomson*-Effekt). Die Besonderheit des Halbleiters besteht bei dieser Auffassung darin, daß schon bei einer geringen Störung die Elektronenverteilung im Halbleiter wegen der geringen Wechselwirkung der Elektronen mit dem Gitter merklich von der Gittertemperatur abweicht. Als Grenzfall erscheint das „Elektronengas“ als eine eigene Phase mit eigener Quasi-Temperatur.

Aus der Durchführung dieser Gedankengänge ergeben sich Aussagen über die Grenzen des Wirkungsgrades bei einem Photoelement; die Trägerverarmung in der Sperrschicht eines sperrenden Gleichrichters kann als Abkühlung des Elektronengases durch einen Quasi-*Peltier*-Effekt beschrieben werden. Mögliche Erweiterungen auf andere Probleme werden diskutiert.



A. SCHMILLEN (Phys. Inst. d. J.L.H. Gießen): *Lumineszenzabklingdauer von Acridinderivaten.*

Die Lebensdauer der Fluoreszenz wässriger und alkoholischer Lösungen des Acridin, Acridinions und einer Reihe von Acridinderivaten zeigen in Abhängigkeit von der Konzentration Abweichungen vom gewohnten Verlauf. Beim Acridin ist die Halbwertskonzentration für die Konzentrationslöschung in alkoholischer Lösung kleiner als in wässriger. Die beim Dimethyldiaminoacridinchlorid früher schon beobachtete Zunahme der Lebensdauer mit der Konzentration, verbunden mit Farbumschlag, tritt auch bei anderen dimethyldiaminosubstituierten Acridinen auf. Sie fehlt aber bei Acridinen, die mit anderen Aminogruppen substituiert sind.

F. GLÄSER (Phys. Inst. d. J.L.H. Gießen): *Zwei neue Methoden zur Messung von kurzen Abklingzeiten bei der Lumineszenz.*

Die eine Methode verwendet Anregung durch Kathodenstrahlen. Durch Frequenzumsetzung mit Hilfe einer Oszillographenröhre und eines Photosekundärelektronenvervielfachers kann die Abklingkurve entweder punktweise abgetastet werden oder es können Oszillogramme aufgenommen werden. Die erreichte obere Frequenzgrenze beträgt etwa 100 MHz.

Die zweite Methode erlaubt Messungen von Abklingzeiten bei Szintillationen. Statt des zeitlichen Verlaufs des Abklingimpulses wird hierbei der Amplitudengang seiner Fouriertransformierten gemessen. Über Aufbau und Erfahrungen im Messen mit diesen Anordnungen wurde berichtet.

## Physikertagung in Freiburg

### Physikalische Gesellschaft Württemberg-Baden-Pfalz

Die Frühjahrstagung der Physikalischen Gesellschaft Württemberg-Baden-Pfalz fand vom 20. bis 22. April 1956 im großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Universität Freiburg statt. Die Teilnehmer hatten dabei Gelegenheit zur Besichtigung des Physikalischen und des Physikalisch-Chemischen Instituts der Universität, des Instituts für Ionosphärenforschung in Neuershausen bei Freiburg, des Fraunhofer-Instituts und der Höhenstrahlungsstation auf dem Schauinsland bei Freiburg, sowie der Schluchseekraftwerke. Am 20. 4. fand außerdem eine Vorstandssitzung, am 22. eine Mitgliederversammlung statt. Die Tagung war von etwa 140 auswärtigen Teilnehmern besucht, zu denen eine große Zahl ortsansässiger Physiker hinzukam. Sie stand unter der Leitung des derzeitigen Vorstands, Professor Dr. Ing. H. Rothe, Ulm.

W. Maier, Freiburg i. Br.

### FREITAG, DER 20. APRIL 1956

Nach Eröffnung der Tagung durch den Vorsitzenden Prof. R. Rothe im großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Universität um 14.00 Uhr wurde sogleich mit den Einzelvorträgen begonnen.

E. HARNISCHMACHER und K. RAWER (Ionosphärenstation Neuershausen b. Freiburg): *Messungen der Drift an der E-Schicht der Ionosphäre.* (Vorgetr. von K. Rawer)

Die Deutung der Windmessungen nach der Krautkrämer-Methode wird an einem vereinfachten Modell dargelegt, bei dem neben dem Zenith-Echo



nur eine Störstelle angenommen wird. Die beobachtete scheinbare Geschwindigkeit entspricht nicht der der Störstelle, sondern der der Interferenz-Streifen. Bei geringer Lebensdauer der Störstelle hängt die „Lesbarkeit“ jedoch vom Winkel zwischen Streifen-Normale und Bewegungs-Richtung der Störstelle ab, sodaß tatsächlich ein statistischer Schwerpunkt der scheinbaren Geschwindigkeiten bei der Bewegungsrichtung vorliegt. Das wird auch an Meßwerten nachgewiesen.

K. O. MÜNNICH (II. Phys. Inst. d. Univ. Heidelberg): *Intensitäts-Anstieg der kosmischen Strahlung am 23. Februar 1956, beobachtet am Nulleffekt einer Apparatur für  $^{14}\text{C}$ -Altersbestimmungen.*

Am Donnerstag, den 23. Februar 1956, zwischen 4.30 und 5.30 Uhr stieg der Nulleffekt der Apparatur stark an, er erreichte um 4.55 Uhr einen Maximalwert von 60 Teilchen/min, das 2,8-fache seiner normalen Größe. Der Anstieg der Mesonenintensität reicht nicht aus, um diese Erhöhung des Nulleffekts zu erklären, dieser ist wahrscheinlich z. T. auf Neutronen zurückzuführen.

A. EHMERT und G. PFOTZER (MPI f. Phys. d. Stratosphäre Weißenau): *Das Abklingen der solaren Ultrastrahlung beim Ausbruch am 23.2.56 und die geomagnetischen Einfallsbedingungen.* (Vorgetr. von G. Pfozter)

Der Ausbruch kosmischer Strahlung von der Sonne am 23.2.56 war der stärkste bisher erfaßte und wurde an zahlreichen Orten registriert. Die Diskussion der geomagnetischen Einfallsbedingungen ergibt für die europäischen Stationen beim Beginn eine äußerst günstige Lage, während amerikanischen Stationen nicht von solaren Partikeln erreicht werden sollten, wenn außer dem Erdfeld keine Ablenkung oder Streuung vorliegt. Die europäischen Stationen zeigen einen hohen Breiteneffekt und ergeben nach raschem Anstieg ein Abklingen der solaren Strahlung nach einem für alle Stationen einheitlich gültigen Hyperbelgesetz [A. Ehmert, G. Pfozter, Mitt. d. MPI f. Phys. d. Stratosphäre Nr. 5, 1956].

Chicago zeigt einen um etwa 10 Minuten gegen die europäischen Stationen verzögerten Einsatz des Anstieges. Das Maximum wird dort nach etwa 30 Minuten erreicht und erst nach etwa 30 weiteren Minuten wurde dieselbe Abklingfunktion erreicht wie bei den europäischen Stationen. In Albuquerque ist bei erhöhter magnetischer Grenzenergie die Verzögerung geringer und entsprechend noch geringer ist sie in Japan. Man hat also kurz nach dem Beginn des Ausbruchs nur Strahlung aus der Richtung der Sonne und eine Stunde später Verhältnisse wie sie bei weitgehend isotropem Einfall gegen die Erde zu erwarten sind. Diese Strahlung konnte trotz der starken Abnahme in den Neutronenmessungen etwa 10 Stunden lang nachgewiesen werden. Die Energieverteilung änderte sich in dieser letzten Phase nicht wesentlich. Dies ist nur unter der Annahme von weiteren Ablenkungen außer dem Erdfeld zu verstehen. Die Verzögerung der amerikanischen Stationen kann als Laufzeitdifferenz der Umwegbahnen verstanden werden.

K. H. BECKER und H. PICK (II. Phys. Inst. d. TH. Stuttgart): *Über die Lumineszenz von F-Zentren in KCl.* (Vorgetr. von K. H. Becker)

Farbzentren in Alkalihalogeniden gehören zu den elektronenbesetzten Störstellen im festen Körper, die am ausgiebigsten untersucht und am besten bekannt sind. Eine in mehrfacher Hinsicht grundlegende Frage blieb jedoch bislang unbeantwortet: Gibt es eine Fluoreszenz optisch angeregter F-Zentren?

Es zeigt sich, daß in KCl bei tiefen Temperaturen ( $-200^{\circ}\text{C}$ ) eine ultrarote Lumineszenz auftritt. Bei dieser Temperatur beträgt die Quantenausbeute 50 %. Sie sinkt mit steigender Temperatur bis zum Wert 0 bei  $-50^{\circ}\text{C}$ . Farbzentren-Assoziate wirken löschend auf diese Lumineszenz.

S. BUHL (II. Phys. Inst. d. Univ. Heidelberg): *Die Energieabhängigkeit der Fluoreszenz einiger Leuchtstoffe im mittelharten RÖNTGENstrahlgebiet.*

Es wurde über Untersuchungen zur Szintillationsdosimetrie mittelharter Röntgenstrahlung berichtet.

Die Energieabhängigkeit der Fluoreszenzintensität bezüglich der eingestrahnten Dosisleistung wurde bei Anthrazen (als Einkristall), Natrium-salizylat (als polykristalline Schicht) und Kalziumwolframat (als feinkristalline Suspension in festem Kunstharz) im Röntgenstrahlgebiet von 15 bis 60 keV gemessen. Die Fluoreszenzintensität des Natrium-salizylats erwies sich als streng, die dünner Kalziumwolframschichten (unter  $5\text{ mg/cm}^2$ ) als zwischen 25 und 60 keV näherungsweise energieunabhängig. Die experimentellen Resultate wurden mit den nach dem Röntgenstrahl-Absorptionsverhalten der Substanzen zu erwartenden verglichen und daraus wurde die Abhängigkeit der effektiven Fluoreszenzausbeute von der Röntgenstrahl-Quantenenergie ermittelt.

H. LEUTZ (II. Phys. Inst. d. Univ. Heidelberg): *RÖNTGENstrahlverfärbung sensibilisierter KBr-, KBr(Ag)- und KCl-Kristalle bei verschiedenen Quantenenergien.*

Durch Röntgenbestrahlung (0,8 bis 5,9 r/min) wurden KBr-, KBr(Ag)- und KCl-Kristalle, die mit  $10^{17}$  U-Zentren/cm<sup>3</sup> sensibilisiert waren, mit F-Zentren verfärbt. Die Abhängigkeit der Verfärbung von der eingestrahelten Röntgenstrahldosis wurde im Linearbereich der Verfärbungskurven bei verschiedenen Spannungen (30 bis 75 kV) der Röntgenröhre bestimmt. Für den zur Bildung eines F-Zentrums erforderlichen Energiebetrag wurden bei allen Kristallen abnehmende Werte für wachsende Quantenenergien gefunden. Bei Bestrahlung von KBr(Ag)-Kristallen wurde die Zahl der pro Doseinheit gebildeten F-Zentren gegenüber den KBr-Proben um den Faktor 1,8 erhöht. Dabei wurde die zusätzliche Umsetzung von U-Zentren in F-Zentren ausgenutzt, die bei der Absorption des von den Ag-Leuchtzentren emittierten UV-Lichtes im Kristall stattfindet.

E. KNELLER und E. BIEDERMANN (MPI f. Metallforsch. Stuttgart): *Kritische Teilchengröße für Einbereichverhalten von ferromagnetischen Platten-Koerzitivkraft und Gefüge von Permanentmagnetlegierungen.* (Vorgetr. von E. Kneller)

Die außerordentlich hohen Koerzitivkräfte der modernen, sogenannten diffusionshärtbaren Permanentmagnetlegierungen werden bekanntlich theoretisch nach Néel [COMPT. REND. 224, 1550, 1947] und Stoner & Wohlfahrt [Phil. Trans. Roy. Soc. (London) A 240, 599, 1948] durch die Kristall-, Spannungs- und Formanisotropie der als unterkritisch klein vorausgesetzten ferromagnetischen Gefügebestandteile erklärt. Um einen direkten Nachweis für die Richtigkeit dieser Deutung zu erbringen, wurde durch Kombination röntgenographischer und elektronenmikroskopischer Methoden einmal der gesamte Verlauf der Teilchengröße und der Koerzitivkraft während der isothermen magnetischen Härtung einiger Cu-Ni-Fe-Legierungen gemessen. Ferner wurden die kritischen Abmessungen ferromagnetischer Platten als Funktion der Plattenform berechnet. Mit den Meßwerten für Dicke und größte Längenausdehnung der Platten im Maximum der Koer-



zitivkraft erhält man daraus die Formanisotropie und berechnet allein mit dieser (Spannungs- und Kristallanisotropie sind bei den untersuchten Legierungen vernachlässigbar) die Koerzitivkraft in Übereinstimmung mit den gemessenen Werten.

Dies gilt jedoch nur für Legierungen mit geringer Packungsdichte der ferromagnetischen Teilchen. Mit zunehmender Packungsdichte wird die Koerzitivkraft durch innere Magnetfelder herabgesetzt und man erhält so einen kontinuierlichen Übergang vom Fall der kleinen isolierten Teilchen zu einem zusammenhängenden Ferromagnetikum mit unmagnetischen Einschlüssen.

[Die Arbeit erscheint unter dem Titel „Gefüge und magnetische Eigenschaften von Dauermagnetlegierungen während der isothermen Ausscheidungshärtung“ in der Z. METALLKDE. 47, 289—301, 1956.]

CHR. GERTHSEN und H. KIEFER (Phys. Inst. d. TH Karlsruhe): *Eine einfache Abhängigkeit des Akkommodationskoeffizienten vom Molekulargewicht des Gases bei der Gas-Wandreibung.* (Vorgetr. von Chr. Gerthsen)

In Vorträgen auf der Tagung der Physikalischen Gesellschaft Württemberg-Baden-Pfalz in Freiburg (1949) und Karlsruhe [Chr. Gerthsen, PHYS. VERH. 1, 33 u. 66, 1950] wurde über ein Reibungsmanometer berichtet, welches zur Messung des Akkommodationskoeffizienten bei der Gas-Wandreibung geeignet ist. Es ist nun gelungen, Systeme anzufertigen, bei denen die Reinheit der Oberfläche und die der Gasfüllung hohen vakuumtechnischen Anforderungen genügt. Der Akkommodationskoeffizient zeigt für Glimmer eine von 0,6 bei  $H_2$  bis zum Grenzwert 1 ansteigende lineare Abhängigkeit von der Wurzel aus dem Molekulargewicht  $M$ . Der Grenzwert wird oberhalb  $M = 100$  für alle untersuchten Gase erreicht. Dieses Verhalten spricht gegen die Annahme, daß die Akkommodation in einem unmittelbaren Zusammenhang mit dem Verweilen der Gasmoleküle auf der Glimmeroberfläche gebracht werden kann. Die Verweilzeit wird durch die van der Waals'schen Kräfte bestimmt; Ne und  $CH_4$ , deren van der Waals'schen Koeffizienten  $a$  sich um den Faktor 10 unterscheiden, besitzen aber Akkommodationskoeffizienten, die gemäß der oben genannten Regel sich nur um 5 % unterscheiden. Die Deutung liegt nahe, daß der nicht akkommodierende Anteil der Moleküle an der Wand gemäß den Erwartungen der Wellenmechanik spiegelnd reflektiert wird, und der Reflexionskoeffizient wegen  $\lambda = h/mc$  mit abnehmender Wellenlänge abnimmt. Für die Reflexion an dem Flächengitter der Kristalloberfläche spricht ihre Vermehrung, wenn die Glimmeroberfläche mit einer im Vakuum aufgedampften, lange bei hoher Temperatur getemperten Nickelschicht bedeckt wird.

W. KEMPE und E. KRÖNER (I. Phys. Inst. d. TH Stuttgart): *Innere Dämpfung verformter Al-Einkristalle.* (Vorgetr. von W. Kempe)

Al-Einkristalle verschiedener Orientierung wurden um 2 bis 64 % zugverformt und ihre innere Dämpfung bei Dehnungsschwingungen (30 bis 40 kHz vor, unmittelbar nach und bis zu 24 Tagen nach der Verformung gemessen. Das logarithmische Dekrement beträgt im verformten Kristall  $5 \times 10^{-6}$ , steigt bei Verformung auf fast den  $10^3$ -fachen Wert und sinkt danach fast wieder auf den Ausgangswert. Der Zusammenhang der Dämpfung mit der Neu- und Rückbildung von Versetzungen wird diskutiert.

Vormittags und nachmittags fanden wissenschaftliche Sitzungen mit Einzelvorträgen statt. Des Abends um 20.00 Uhr begann die Mitgliederversammlung der Physikalischen Gesellschaft Württemberg-Baden-Pfalz.

### Vormittag

A. GIACOMINI (Ist. Naz. d. Ultracust. O.M. Corbino, Rom): *Bericht über die Arbeiten des Istituto Nazionale di Ultracustica O.M. CORBINO.*

Das Istituto Nazionale die Ultracustica O.M. Corbino wurde 1939 gegründet. In der ersten Zeit fanden die dort ausgeführten Untersuchungen auf dem Gebiet der Elektroakustik statt. Aber mit der Zeit wandte man sich mehr und mehr dem Studium von Problemen des Ultraschalls zu.

Im Augenblick verfügt das Institut über 10 Labors, in denen die Fortpflanzung der Ultraschallwellen in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen untersucht wird. Natürlich gehört dazu auch die Entwicklung elektronischer Geräte für die verschiedenen Anwendungen des Ultraschalls.

Von den zahlreichen Untersuchungen, die bisher gemacht wurden, soll nur an jene erinnert werden, die sich mit der Optik des Ultraschalls befassen, die Modulation des Lichts mit hohen und niederen Frequenzen, die Messung der Schallgeschwindigkeit und der Absorption in isomeren Flüssigkeiten und in binären Mischungen. Andere Untersuchungen dienten dem Zweck, die Abhängigkeit der elastischen Konstanten der Metalle von der Temperatur zu bestimmen.

Unter Benutzung eigens dazu entwickelter Methoden sind gegenwärtig Messungen der Schallgeschwindigkeit in der Nähe des Erstarrungspunktes, der Schallgeschwindigkeit und Absorption der Legierung Silber-Gold, der Hochpolymeren und der Metalle bei hohen Temperaturen im Gange.

Andere laufende Arbeiten beschäftigen sich mit der Lumineszenz durch Ultraschall bei niederen Frequenzen und der Ausbreitung des Ultraschalls in Gasen mit kleinen Verunreinigungen.

K. KREBS und W. MAIER (Phys. Inst. d. Univ. Freiburg/Br.): *Ultraschallmessungen an verdünnten Lösungen einer polymer assoziierenden Substanz.* (Vorgetr. von K. Krebs)

Es wurde über Absorptionsmessungen berichtet, die wir mit einer Impulsapparat bei 12, 28 und 52 MHz im Temperaturbereich von 20 bis 50 °C an verdünnten Lösungen des polymer assoziierenden n-Propylalkohols in n-Heptan durchgeführt haben. Die Absorptionskurven zeigen charakteristische Abweichungen vom normalen Verhalten binärer Mischungen nicht-assoziierender Flüssigkeiten; sie lassen sich durch Relaxationsausdrücke der Form

$$\alpha/\nu^2 = A + B\tau/(1 + \omega^2\tau^2)$$

beschreiben. A ist dabei nicht von der Absorption des reinen Lösungsmittels zu unterscheiden. Der Relaxationsbeitrag B kann durch thermodynamische Überlegungen mit den Assoziationseigenschaften der gelösten Substanz verknüpft werden. Zu Grund gelegt wird dabei ein Assoziationsmodell, bei welchem die assoziierende Flüssigkeit aus einer Mischung von einzelnen Molekülen und linearen Polymeren von zunächst beliebiger Zäh-



lichkeit besteht und bei welchem die Bildung jedes höheren Assoziates schrittweise nach dem Reaktionsschema

$$A_1 + A_i = A_{i+1} \quad (i = 1, 2, \dots)$$

erfolgt. Die abgeleitete Formel für  $B$  liefert Werte, die gut mit den experimentellen übereinstimmen.

Im Sonderfall reiner Monomer-Dimer-Assoziation kann man mit den gefundenen Beziehungen aus Ultraschall-Absorptionsmessungen in einfacher Weise die Gleichgewichtskonstante, die Reaktionsenthalpie und die auf andere Weise bisher nicht bestimmbar Geschwindigkeitskonstanten für einen Assoziationsprozeß in verdünnter Lösung ermitteln.

G. BUSCH und W. MAIER (Phys. Inst. d. Univ. Freiburg/Br.): *Ultraschallmessungen an Triäthylamin*. (Vorgetr. von G. Busch)

Es wird über Ultraschall-Absorptions- und Geschwindigkeitsmessungen an Triäthylamin berichtet. Verwendung fand eine Ultraschallimpulsapparatur. Durch Variation der Temperatur von  $+30$  bis  $-55^\circ\text{C}$  gelang es, bei Frequenzen von  $1\frac{1}{3}$ , 4 und 12 MHz in ein Relaxationsgebiet zu kommen. Aus der Frequenzabhängigkeit des Absorptionskoeffizienten wird die Relaxationszeit in Abhängigkeit von der Temperatur ermittelt. Damit lassen sich auch die Maximalwerte des pro Wellenlänge gerechneten Absorptionskoeffizienten  $\mu_{\max}$  berechnen. Es zeigt sich, daß diese bei einer Temperatur von  $-47^\circ\text{C}$  ein Maximum durchlaufen. Kurze Diskussion dieser Ergebnisse.

P. EDMONDS und E. SITTIG (1. Phys. Inst. d. TH Stuttgart): *Experimentelle Untersuchung der elastischen Eigenschwingungen isotroper Zylinder*. (Vorgetr. von E. Sittig)

Eine Meßanordnung wird beschrieben, die es gestattet, elastische Eigenresonanzen von zylindrischen Stäben im Bereiche von 1 bis 120 kHz mit einer Genauigkeit von  $10^{-5}$  zu vermessen. Darüber hinaus können die azimutale Knotenzahl  $n$  und die radiale Knotenzahl  $p$ , sowie die axiale Knotenzahl  $q$  einer jeden Resonanz durch Registrierung der Amplitudenverteilung auf einer Endfläche bzw. einer Mantellinie des Zylinders bestimmt werden. Kapazitive Abnehmer gestatten die selektive Aufnahme der Axial- bzw. Radialkomponente.

Die Theorie des unendlich langen isotropen Zylinders [Vgl. E. Sittig, PHYS. VERH. 6, 44, 1955] liefert 3 Indizes, die Typ, Serie und Ordnungszahl einer Resonanz charakterisieren und mit den oben angeführten Knotenzahlen identifiziert werden können.

Das gesamte Spektrum eines Aluminiumzylinders der Länge 23,5 cm, des Durchmessers 4,9 cm im Bereich von 3 bis 120 kHz wurde aufgenommen und die meisten der über 100 Resonanzen identifiziert. Es traten Typen mit  $n = 0, 1, 2, \dots 5$  auf. Die Torsionsserie 0, 1,  $q$  erweist sich bis zu  $q = 17$  als streng harmonisch.

Die aufgefundenen Resonanzen der Indizierung  $n, p, 0$  erweisen sich vielleicht als besonders wichtig, da für sie die Theorie des unendlich langen Zylinders streng gelten sollte. Numerische Auswertungen der betreffenden Frequenzgleichung stehen jedoch noch aus.

R. SCHALL (Forschungsinst. Weil/Rhein): *Über Stoßwellenmessungen zur Bestimmung der Zustandsgleichung von Leichtmetallen bei hohen Drucken*.

Leichtmetallstäbe werden mit hochbrisanten Sprengkörpern angesprengt und die im Metall fortschreitende Stoßwelle mit extrem kurzen Röntgen-

blitzen aufgenommen. Aus Messungen der Wellengeschwindigkeit und des Dichtesprungs in der Stoßfront ergibt sich eine für Stöße gültige Druck-Dichte-Beziehung (*Hugoniot-Kurve*) im Bereich 1 bis  $2,5 \times 10^5$  atm.

Die Röntgenblitzresultate werden verglichen mit ähnlichen, an größeren Sprengkörpern durchgeführten Messungen der Los-Alamos-Gruppe, bei denen aus der optischen oder elektrischen Registrierung der Bewegung einer von einem Stoß überlaufenen freien Oberfläche auf die Bedingungen hinter der ungestörten Stoßfront geschlossen wird. Es zeigt sich, daß letztere Methode Kompressibilitäten ergibt, die außerhalb der Meßgenauigkeit höher sind als die aus Röntgenaufnahmen bestimmten.

**H. SCHARDIN** und **W. STRUTH** (Forschungsinstitut Weil/Rhein): *Über die Abhängigkeit der Bruchgeschwindigkeit von der chemischen Zusammensetzung bei Gläsern.* (Vorgetr. von H. Schardin)

Die maximale Bruchgeschwindigkeit für Glas hat sich auf Grund umfangreicher Messungen als eine sehr genau definierte physikalische Konstante ergeben, die nur von der chemischen Zusammensetzung abhängig ist. Auf Grund neuerer Messungen ist nun diese Konstante für eine größere Anzahl einfacher und kompliziert zusammengesetzter Gläser ermittelt worden.

Bezüglich der physikalischen Struktur des Glases und der Festigkeit muß es von großem Interesse sein, den Zusammenhang zwischen der Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Bruches und der chemischen Zusammensetzung zu ermitteln.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse erlauben eine erste quantitative Auswertung, wobei es möglich erscheint, die Bruchgeschwindigkeit in einer linearen Abhängigkeit von den Komponenten der Zusammensetzung zu bringen. Man erkennt hieraus, welchen Einfluß die einzelnen Bestandteile auf die Bindungsenergie haben.

**F. KERKHOF** und **G. MANITZ** (Abt. f. Phys. d. Univ. Freiburg/Breisg.): *Fraktographische Bestimmung der elastischen Konstanten von Gläsern.* (Vorgetr. von F. Kerkhof)

Bestrahlt man bei Zerreißversuchen an Gläsern den laufenden Bruch in geeigneter Weise mit Ultraschall (von etwa 5 MHz), so werden auf dem Bruchspiegel permanente Markierungslinien erzeugt, durch deren Abstand der Bruchverlauf nach Richtung und Geschwindigkeit für jeden Punkt der Bruchfläche beschrieben ist. Bisher wurde diese von uns entwickelte Methode der Bruchzeichnung (Fraktographie) mittels Ultraschall nur zur Analyse des Bruchvorganges selbst benutzt. Es wurde ein abgeändertes Verfahren beschrieben, mit dem man gleichzeitig auch die elastischen Konstanten der Glasproben bestimmen kann. Verwendet man nämlich einander überlagerte und interferierende Schallfelder, z. B. stehende Ultraschallwellen, so ist das Liniensystem auf der Bruchfläche von Interferenzzügen durchzogen, aus deren Abständen die Schallgeschwindigkeiten der Gläser ermittelt werden können. Versuchsergebnisse für Silikatgläser und Plexiglas wurden mitgeteilt.

**H. BEHRENS** und **F. RÖSSLER** (Forschungsinstitut Weil/Rhein): *Optisch-spektroskopische Untersuchungen an Überschallflammen.* (Vorgetr. von F. Rößler)

Der Strahl von Pulverraketen ergibt an Luft eine Sekundärflamme, deren örtliche und zeitliche Temperaturverteilung mittels der Linienumkehrmethode gemessen wird. Die dabei gefundenen Ergebnisse führen zu



dem Schluß, daß es zwei Arten von Überschallflammen gibt: Diffusions- bzw. vorgemischte Flammen. Aufnahmen der Flammen mittels Filter und mit zeitlicher Auflösung bestätigen den Befund. Im Spektrum prägt sich die Reaktionszone aus. Bei niedrigeren Verbrennungsdrucken sind NH- und CN-Banden zu beobachten, die durch die Gegenwart von Stickoxyd im Verbrennungsgas hervorgerufen werden.

## Nachmittag

A. STEUDEL (I. Phys. Inst. d. Univ. Heidelberg): *Fortschritte in der optischen Hyperfeinstrukturtechnik.*

In den letzten Jahren ist es gelungen, die Technik der Untersuchungen mit *Fabry-Perot*-Interferometern (FPI) erheblich zu verbessern. Das FPI war bisher in Auflösungsvermögen und Lichtstärke durch die verwendeten Metallspiegel begrenzt. Ersetzt man die Metallverspiegelung durch ein dielektrisches Vielfachschichtsystem, das aus  $\lambda/4$ -Schichten von abwechselnd hohem und niedrigem Brechungsindex besteht, so lassen sich leicht Reflexionsvermögen über 97 % bei sehr geringer Absorption erzielen. Im Sichtbaren verwendet man 9fach-Schichtsysteme aus ZnS und Kryolith (Absorption 0,9 %), im Spektralbereich von 3000 bis 4000 Å 9fach-Schichtsysteme aus  $\text{PbCl}_2$  und  $\text{MgF}_2$  (Absorption 1,9 %). Bei dem hohen Reflexionsvermögen dielektrischer Spiegel wird das Auflösungsvermögen im wesentlichen nur noch durch die Unebenheiten der Interferometerplatten begrenzt. Im Violetten und Ultraviolett lassen sich durch Verwendung dielektrischer Spiegel Strukturen untersuchen, die bisher nicht auflösbar waren oder deren Intensität zur Beobachtung nicht ausreichte.

Weitere Verbesserungen werden durch die Verwendung eines von *Jacquinet* und *Dufour* angegebenen photoelektrischen Registrierverfahrens erzielt. Man bildet das Zentrum des Interferenzsystems auf eine Lochblende ab und läßt durch lineare Änderung des Gasdruckes zwischen den Interferometerplatten die Ordnungen an der Blende vorbeiwandern. Der Photostrom des Empfängers (Photomultiplier) wird über einen Verstärker auf einen Schreiber gegeben. Das Verfahren bietet wesentliche Vorteile: Bei linearer Druckänderung erhält man die Interferenzen unmittelbar in einer linearen Wellenlängenskala, die beim photographischen Nachweis stets notwendige Entzerrung entfällt. Die Intensitäten werden linear aufgezeichnet, der mühsame und mit Fehlerquellen behaftete Übergang von Schwärzung der Photoplatte auf Intensität wird vermieden, wodurch eine wesentlich genauere Intensitätsmessung möglich ist. Es lassen sich auch Strukturen sehr schwacher Linien untersuchen, für die auf hochempfindlichen Photoplaten eine Belichtungszeit von mehreren Stunden notwendig ist. Die zum Registrieren mehrerer Ordnungen benötigte Zeit liegt dabei unter der Belichtungszeit für eine gleichwertige Photographie.

W. GENTNER und V. SOERGEL (Phys. Inst. d. Univ. Freiburg/Br.): *Ausbeute und Winkelverteilung der Reaktionen  $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$  und  $^{11}\text{B}(p,\gamma,\gamma_s)^{12}\text{C}$  bei Protonenenergien von 135 bis 175 keV.* (Vorgetr. von V. Soergel)

Die Ausbeutekurve für die Reaktion  $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$  zeigt, daß ihr Wirkungsquerschnitt sich aus einem nichtresonanten Anteil und einem resonanten Anteil mit der Resonanzenergie 163,8 keV zusammensetzt. Aus einer Analyse der Winkelverteilung folgt: 1. Der resonante Anteil rührt von p-Protonen her und entspricht einem  $2^+$ -Niveau des  $^{12}\text{C}$ -Zwischenkerns. 2. Für den nichtresonanten Anteil kann die bekannte Resonanz für s-Protonen bei

1388 keV nur zum Teil verantwortlich gemacht werden. Der größere Teil wird ebenfalls von p-Protonen geliefert; die Reaktion verläuft wahrscheinlich über ein  $1^+$ -Niveau des  $^{12}\text{C}$ -Kerns. Die Messungen für den Kaskadenübergang, die an der 12-MeV-Komponente der  $\gamma$ -Strahlung durchgeführt wurden, bestätigen im wesentlichen die Ergebnisse anderer Autoren.

M. H. ALSTON, A. V. CREWE, W. H. EVANS und G. VON GIERKE: Mesonenerzeugung in p-p-Zusammenstößen bei 380 MeV. (Vorgetr. vom G. von Gierke, CERN, Genf)

Der ausgelenkte Protonenstrahl (382 MeV) des Liverpoolscher Synchrozyklotrons wurde kollimiert und durch eine mit 28 at  $\text{H}_2$  gefüllte Diffusionsnebelkammer geschickt. Impulsmessung wurde durch ein gepulstes Magnetfeld von 11 200 Gauß ermöglicht. In 1300 stereoskopischen Aufnahmen wurde ca. 180 Mesonen gefunden, von denen jedoch für die abschließenden Berechnungen nur 109 im Winkelbereich 80 bis  $160^\circ$  im Schwerpunktsystem verwendet wurden. Das gefundene Mesonenspektrum erlaubte eine Unterscheidung zwischen den beiden möglichen Reaktionen

$$P + P \rightarrow \pi^+ + D \quad (\text{gebundene Reaktion})$$

und

$$P + P \rightarrow \pi^+ + P + N \quad (\text{ungebundene Reaktion})$$

Das Verzweigungsverhältnis  $\sigma_{\text{ungeb.}}/\sigma_{\text{total}}$  ergab sich zu  $47 \pm 8\%$ , die Winkelverteilungen zu

$$d\sigma_{\text{geb.}}/d\omega = \text{const.} [(0,19 \pm 0,06) + \cos^2\theta]$$

und

$$d\sigma_{\text{ungeb.}}/d\omega = \text{const.} [(0,21 \pm 0,06) + \cos^2\theta].$$

Die Abweichungen des Verzweigungsverhältnisses und der Form des gefundenen Mesonenspektrums von den Voraussagen der phänomenologischen Theorie [A. H. Rosenfeld, PHYS. REV. 96, 139, 1954] werden durch Mesonen im p-Zustand, die durch Nukleonen im p-Zustand erzeugt wurden, erklärt. Durch diese Annahme wird auch Übereinstimmung der Ergebnisse anderer Autoren mit der phänomenologischen Theorie erreicht.

E. LOHRMANN (Hochspannungslabor. Hechingen und Univ. Bern): Mesonenerzeugung bei hohen Energien.

Es wird eine nukleare Wechselwirkung hoher Energie vom Typ 5+30 beschrieben, die in einem in 29 km Höhe exponierten Emulsionspaket gefunden wurde. Die aus der resultierenden Kaskade und den sekundären Wechselwirkungen der erzeugten Teilchen erschlossene Gesamtenergie beträgt mindestens 1100 BeV. Streumessungen an den Schauerteilchen ergeben eine obere Grenze für die mittlere Energie der Mesonen im Schwerpunktsystem von 1,7 BeV. Die Winkelverteilung der Mesonen im S-System ist stark anisotrop.

26 mm von der ersten Wechselwirkung entfernt wurde ein Sekundärstern vom Typ 3 + 55n gefunden. Die aus der Winkelverteilung der Schauerteilchen berechnete Primärenergie von 150 BeV reicht nur knapp aus, um die beobachtete hohe Multiplizität durch Mesonenvielfacherzeugung zu erklären. Die aus Streumessungen berechnete mittlere Mesonenenergie und die Energieverteilung der Mesonen im Schwerpunktsystem sind in Übereinstimmung mit der Heisenbergschen Stoßwellentheorie [W. Heisenberg, „Kosmische Strahlung“ Springer Verl. Berlin 1953, S. 148]. Auch die Messungen am Primärstern sind mit dieser Theorie verträglich. Die Deutung beider Sterne durch die Fermische Theorie der Mesonenvielfacherzeugung stößt auf große Schwierigkeiten.



A. MÜLLER (Phys. Inst. d. TH Karlsruhe): *Zum Verhalten von Ionenkolonnen in reinen Gasen.*

Der Anfangsdurchmesser von Ionenkolonnen, die durch  $\alpha$ -Teilchen erzeugt werden, läßt sich aus Aufnahmen mit der Wilsonkammer ermitteln. Unter Normalbedingungen erhielt man in Übereinstimmung mit älteren Messungen und der Theorie von Jaffé etwa  $10^{-3}$  cm.

Mit einer elektrischen Abfallmethode ergab sich in reinem Sauerstoff ein wesentlich kleinerer Durchmesser von  $3 \times 10^{-5}$  cm. Eine Untersuchung der Anlagerung der primär erzeugten Elektronen zeigt, daß die in älteren Messungen gefundenen größeren Werte durch Diffusion der Elektronen erklärt werden können. Außerdem erhielt man bei den Messungen den Rekombinationskoeffizienten.

K. OTT und B. ZIEGLER (Phys. Inst. d. TH Karlsruhe): *Ordnungszahlabhängigkeit des Paarbildungsquerschnitts bis zu 30 MeV.* (Vorgetr. von B. Ziegler)

Das Bremsspektrum eines 31-MeV-Betatrons wird als Strahlenquelle benutzt. Nach Ausblendung eines engen Bündels trifft der  $\gamma$ -Strahl im Vakuum auf eine Metallfolie, in der er Elektronen und Positronen erzeugt. Ein Magnetfeld fokussiert diese Teilchen nach  $180^\circ$  Ablenkung auf je einen Szintillationskristall. Es werden Koinzidenzen mit einem Auflösungsvermögen von  $7 \times 10^{-9}$  s gemessen. Die Registrierung der zufälligen Koinzidenzen erfolgt gleichzeitig in einer 2. Koinzidenzstufe, bei der echte Koinzidenzen durch eine Verzögerungsleitung verhindert werden. Durch Messung bei verschiedenen Ordnungszahlen des Folienmaterials erhält man die Z-Abhängigkeit des Paarbildungsquerschnittes. Es wird die Abweichung von der Bornschen Näherung bei großen Ordnungszahlen und insbesondere der Einfluß der Paarbildung an den Hüllenelektronen bei kleinen Ordnungszahlen untersucht.

B. GONSIOR (II. Phys. Inst. d. Univ. Heidelberg): *Über Isotopentrennung beim Wasserstoff durch Zersetzung von Wasser mit Natriumamalgam.*

Bei der Wasserzersetzung mit Natriumamalgam wird das leichte Wasserstoffisotop bevorzugt frei. Der Trennfaktor zeigt ähnliche Werte wie bei der Elektrolyse. Die Abhängigkeit des Trennfaktors von den Versuchsbedingungen wurde in einigen Fällen untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß bei beiden Methoden die Trennung durch die gleichen Vorgänge hervorgerufen zu sein scheint. So beeinflussen Konzentration des Wassers an  $D_2O$  und Gehalt an Natronlauge den Trennfaktor in der gleichen Richtung wie bei der Elektrolyse.

H. FISCHBECK und J. HEINTZE (II. Phys. Inst. d. Univ. Heidelberg): *Absolute  $\beta$ -Zählung an sättigungsdicken Präparatschichten.* (Vorgetr. von J. Heintze)

Die Zahl  $n$  der pro  $cm^2$  aus einer sättigungsdicken Präparatschicht austretenden  $\beta$ -Teilchen wurde für eine Anzahl von  $\beta$ -Strahlern bei bekannter spezifischer Aktivität  $\sigma$  in  $2\pi$ -Geometrie gemessen. Es zeigte sich, daß der Zusammenhang zwischen  $n$  und  $\sigma$  durch die Gleichung  $n = a\sigma R$  beschrieben werden kann, wobei  $R$  die über das  $\beta$ -Spektrum gemittelte praktische Reichweite der Elektronen in Al ist. Der Faktor  $a$  hängt nur sehr schwach von der Ordnungszahl der Präparatschicht und der Energie der  $\beta$ -Strahlung ab, und ist etwa gleich 0,24. Da für  $\alpha$ -Strahlen  $a = 1/4$  gilt, folgt, daß die Streuung der  $\beta$ -Teilchen auf die Emission einer sättigungsdicken Präparatschicht nur sehr wenig Einfluß hat. Dieses überraschende

Verhalten kann qualitativ begründet werden. Die Methode erlaubt in einfacher Weise die Messung schwacher spezifischer Aktivitäten mit einer Genauigkeit von 5 bis 10 % und ist praktisch auf alle  $\beta$ -Strahler anwendbar, deren Zerfallsschema und  $\beta$ -Spektrum bekannt ist.

*H. SEEMANN (Konstanz): Über streifende Glühemission polarisierten Lichtes von spiegelblanken Oberflächen metallisch absorbierender Stoffe und Polarisation des sichtbaren Lichtes bei Durchtritt durch lichtdurchlässige Folien der gleichen Stoffe.*

Fortsetzung des Inhalts einer auf der Naturforscherversammlung in Freiburg 1954 ausgegebenen Druckschrift (Buchhandlung Schulz) und des Vortrags mit experimenteller Vorführung auf der 6. Tagung der Dt. Ges. f. Elektronenmikroskopie in Münster [PHYS. VERH. 6, 29, 1955]. Außer dem in freier Luft glühenden, oxydfrei und spiegelblank bleibenden polykristallinen Edelmetallen zeigt auch Co in freier Luft glühend den Effekt gut, die anderen glühfähigen und nicht sofort kristallinisch matt oder rauh werdenden Metalle im Hochvakuum sehr stark, Kupfer am schwächsten wegen der schnellen Rekristallisation. Bis März 1955 wurden im Hochvakuum untersucht Bi, W, Sb, Ag, Cu, Co, Fe, Ti. Politur und Reinheit der Oberflächen erwiesen sich als ausschlaggebend. Das sehr harte technische Silizium emittiert in freier Luft glühend ebenfalls polarisiertes Licht und reflektiert gleichzeitig auch fremdes Licht an seiner spiegelblank bleibenden Oxydschicht unter dem Brewsterschen Winkel polarisiert. Letztere Eigenschaft haben alle Metalle, die eine starke glänzend blanke Oxydschicht bilden, nicht dagegen Al mit seiner äußerst dünnen Oxydhaut. Deshalb ist durchsichtige Aluminium-Folie (Aufdampfschicht) für Absorptionsmessungen von sichtbarem Licht in freier Luft gut geeignet und zeigt ebenfalls starke Polarisation bei streifendem Austritt, desgleichen Schaumgold.

Die Hörer hatten Gelegenheit, die Gleichheit der Absorption eines rechtwinkelig geknickten Al-Folienstückes, das auf einen entsprechend geknickten Rahmen aus Pappe geklebt war, gleichzeitig bei normalem und fast streifendem Durchtritt des Lichtes nach dem Halbschattenprinzip zu prüfen und sich von der Polarisation der steifend betrachteten Folienhälften zu überzeugen. Die Vorführung des ebenfalls normal zur Oberfläche schwingenden Emissionslichtes eines Pt-Blechtes über einer Gasflamme auf dem Hörsaaltisch bei Benutzung eines Polarisationsfilters von  $40 \times 40$  cm konnte auf den hintersten Bänken wahrgenommen werden, weit besser als auf der gleichartigen Vorführung in Münster.

Unter den natürlichen Quellen polarisierten Lichtes ist neben dem Himmelsblau auch der Regenbogen zu nennen, wie Votr. 1955 und 56 feststellte. Die Schwingungsrichtung liegt tangential zum Bogen, die Auslöschungsrichtung des Analysator-Filters radial. Dabei verschwindet etwa ein Achtelkreisbogen völlig. Die Polarisation eines einzelnen Wassertropfens läßt sich bequem an einem wassergefüllten Reagensglase oder Glaskolben beobachten. Der für alle Kolbengrößen gleiche Reflexionswinkel von  $41^\circ$  im Verein mit dem sehr kleinen Dispersionsinterwall entspricht der Röntgenstrahlen-Interferenzoptik von großflächigen, ebenen oder unebenen Metall- oder Kristallpulverflächen, besonders auch bei großer Eindringungstiefe der reflektierenden Schicht [Seemann, Phys. Z., 1932].

## Vormittag

R. HONERJÄGER (II. Phys. Inst. d. Fr. Univ. Berlin): *Paramagnetische Elektronen-Resonanz.*

(1) Magnetische Dipolübergänge und paramagnetische Resonanz; (2) Mechanismus der Strahlungsabsorption; (3) Linienbreiten; (4) Experimentelle Methoden; (5) Klassifizierung der Stoffe, welche ein paramagnetisches Resonanzspektrum erwarten lassen; (6)  $Mn^{++}$ -Ion, Hyperfeinstruktur; (7) Paramagnetische Resonanz von Metallelektronen; (8) Paramagnetische Resonanz von Donatoren in Halbleitern; (9) Paramagnetische Resonanz von freien organischen Radikalen; (10) Paramagnetische Resonanz von durch Bestrahlung organischer Substanzen erzeugten freien Radikalen.

G. LAUKIEN und J. SCHLÜTER (I. Phys. Inst. d. TH Stuttgart): *Impulstechnische Messungen der kernmagnetischen Relaxationszeiten wässriger Lösungen.* (Vorgetr. von J. Schlüter)

Die Spin-Gitter-Relaxationszeit  $T_1$  und die Spin-Spin-Relaxationszeit  $T_2$  von Protonen in Lösungen paramagnetischer Ionen wurden unabhängig voneinander und unabhängig von der Feldinhomogenität gemessen. Nach der Bloembergen-Purcellschen Theorie ändert sich in Flüssigkeiten ( $\tau_c \omega \ll 1$ )  $T_1$  umgekehrt proportional zur Viskosität, zur Konzentration und zum Quadrat des wirksamen magnetischen Hüllenmoments. Dieser Sachverhalt wurde bestätigt, insbesondere konnte ein Einfluß des Anions ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{--}$ ,  $NO_3^-$ ) ausgeschlossen werden. Abweichend von der Theorie, die  $T_1$  ungefähr gleich  $T_2$  ( $T_1 = 1,01 \cdot T_2$ ) voraussagt, wurde unabhängig von der Konzentration gefunden:

$$T_{1Cu^{++}} = 1,4 T_2; \quad T_{1Co^{++}} = 1,4 T_2; \quad T_{1Ni^{++}} = 1,2 T_2; \quad T_{1Mn^{++}} = 7,1 T_2; \\ T_{1Fe^{+++}} = 1,4 T_2; \quad T_{1Gd^{+++}} = 1,4 T_2.$$

Eine weitere, als Hydratisomerie gedeutete Anomalie zeigen Chromchlorid-Lösungen. Bei niedrigen Konzentrationen ist  $T_1 = 3,6 \cdot T_2$  und bei hohen Konzentrationen  $T_1 = 1,4 \cdot T_2$ .

Die Protonen-Signale von Kobaltlösungen sind breiter, als die der anderen Lösungen und haben eine abweichende Form. Dieser Signalverbreiterung entspricht eine Homogenisierung des Magnetfeldes. Sie wurde gedeutet durch die Anisotropie des Landéfaktors von  $Co^{++}$ , bezogen auf das quaskristallelektrische Feld der Hydrathülle und der Gleichfeldrichtung. Zur Prüfung dieser Arbeitshypothese wurden die Signale von Erbiumlösungen (die Anisotropie des g-Faktors von Erbium in Hydrathüllen ist besonders groß) untersucht. Die obige Annahme hat sich bestätigt.

G. J. KRÜGER und G. LAUKIEN (I. Phys. Inst. d. TH Stuttgart): *Instationäre Einschwingbewegungen von kernmagnetischen Momenten in Resonanz.* (Vorgetr. von G. J. Krüger)

Regt man mit einem Hochfrequenz-Impuls Kernpräzessionen an, dann geht nach einer durch die Relaxationszeiten der Substanz bestimmten Zeit der anfänglich instationäre Präzessionsverlauf in stationäre Präzessionsbewegungen über. Zur Berechnung solcher Bewegungen wurden die Bloch'schen Gleichungen in Resonanz gelöst. Die Lösungen sind, analog zu den Einschwingvorgängen eines erzwungen angeregten gedämpften Oszillators,



periodisch oder aperiodisch, wenn  $|\gamma|H_1$  größer oder kleiner als  $1/2(1/T_2 - 1/T_1)$  ist.

Aus der Untersuchung ergeben sich Möglichkeiten zur Messung kurzer Spin-Gitter-Relaxationszeiten. Man kann  $T_1$  entweder aus der Dämpfungskonstanten  $1/2(1/T_1 + 1/T_2)$  der instationären Bewegung bestimmen; oder man kann durch Variation der Hochfrequenzamplitude  $H_1$  den aperiodischen Grenzfall aufsuchen und damit  $T_1$  aus

$$|\gamma|H_1 = 1/2(1/T_2 - 1/T_1)$$

ermitteln,  $T_2$  erhält man wie bekannt aus dem exponentiellen Abfall der freien Präzessionsbewegung.

Ausgangspunkt der Untersuchung waren Messungen kurzer Relaxationszeiten, bei denen anomale Amplitudenänderungen der Kernsignale in hochkonzentrierter Eisen(III)nitratlösung (1 Fe<sup>+++</sup> pro 25 H<sub>2</sub>O) in Abhängigkeit von der Temperatur gefunden wurden. Die Amplitude des Kernsignals durchläuft bei etwa +4 bis 0 °C ein Minimum und steigt von 0 bis etwa -30 °C stark an.  $T_2$  ist in diesem Bereich innerhalb der Meßgenauigkeit konstant. Zur Erklärung wird ein Modell mit mindestens zwei Protonengruppen verschiedener Spin-Spin-Relaxationszeit vorgeschlagen. Der Amplitudenanstieg wird auf Übergänge zwischen diesen Gruppen zurückgeführt.

W. KOSSEL, W. KNAUER und G. STAUDT (Phys. Inst. d. Univ. Tübingen): *Bandgenerator mit mehrfachem Feldausgleich.* (Vorgetr. v. G. Staudt)

Kürzlich wurde gezeigt, wie die an einem Bandgenerator verfügbare Spannung zu steigern ist, indem man ihn mit einer leichten Hülle aus Kunststoff umgibt, die sich durch Sprühen auflädt und so die Feldstärke in den äußeren Teilen des Feldes steigert. Im Tübinger Hochspannungsraum wurde so die Spannung am Bandgenerator von 0,64 auf 1,5 MV gebracht [W. Kossel, W. Knauer, NATURWISS. 40, 523, 1953 UMSCHAU 54: 564, 1954; W. Knauer, Z. ANGEW. PHYS. 7, 118, 1955].

Die weitere Steigerung durch Anwendung mehrerer Hüllen stieß zunächst auf die Schwierigkeit, daß diese sich leicht entgegengesetzt aufladen und aneinander legen, womit die Gesamtspannung zurückgeht, statt zu steigen. Nun wird mit Hüllen geeigneter Leitfähigkeit ( $\rho = 10^{13} \Omega \text{ cm}$ ) regelmäßige gleichsinnige Aufladung und damit die theoretisch für mehrere Hüllen zu erwartende Spannung erreicht.

W. KOSSEL und J. DACHS (Phys. Inst. d. Univ. Tübingen): *Beobachtung von Gleitentladungen im Vakuum bei der Aufladung von Isolatorflächen mit 50 kV-Elektronen.* (Vorgetr. von J. Dachs)

Wird eine Glasplatte bei einem Druck von  $10^{-3}$  Torr mit einem kreisförmig ausgeblendeten 50 kV-Elektronenbündel aufgeladen, so bildet sich an der Isolatoroberfläche vom Rand des beschossenen Kreisflecks aus nach außen und innen eine stabile Gleitentladung in Form einer „zweipoligen Lichtenberg-Figur“ [G. Knoerzer und W. Kossel, 1950; G. Knoerzer, Z. ANGEW. PHYS. 6, 81, 1954]. Sie wird durch die Anwesenheit einer dünnen Haut organischer Stoffe begünstigt und verläuft wahrscheinlich in einer von den Entladungen selbst fortwährend neu gebildeten Dampfschicht. Mit Aufdampfen geeigneter Stoffe (u. a. Apiezonfett) wird die Helligkeit gesteigert, so daß Außenaufnahmen möglich werden. An Farbdias werden Form und Entstehung der verästelten Entladungsbahnen vorgeführt und an Hand

der Potentialverteilung diskutiert. Auf Spaltflächen von Gips und anderen Kristallen orientieren sich die Entladungskanäle in kristallographisch ausgezeichneten Richtungen.

**E. GROSCHWITZ** und **R. WIESNER** (Wernerwerk für Bauelemente der Siemens & Halske AG, München): *Über den Beitrag der Elektronen zu den optischen Eigenschaften der Halbleiter.* (Vorgetr. von E. Groschwitz)

Die durch die Leitungselektronen bedingten optischen Eigenschaften eines Halbleiters werden an n-Germanium im Rahmen der Absorptionstheorie in feineren Zügen untersucht. Insbesondere werden die wichtigsten optischen Größen in Abhängigkeit von der Frequenz des Lichtes, der Temperatur und der Dotierung des Materials diskutiert. Es zeigt sich, daß der vor allem interessante Frequenzbereich, in dem das charakteristische Verhalten des elektronischen Anteils der optischen Größen besonders deutlich hervortritt, in einem der Messung zur Zeit kaum zugänglichen Gebiet, dem Millimeterwellen- und Zehntelmillimeterwellengebiet, liegt. Bei Germanium sind die Parameter, welche die optischen Eigenschaften bestimmen, wenigstens in daran angrenzenden Frequenzbereichen experimentell bekannt, so daß sich auf Grund der Theorie für die freien Elektronen des Halbleiters auch über das experimentell noch nicht erschlossene Gebiet tragfähige Voraussagen machen lassen.

**R. HECHTEL** (Telefunken GmbH Ulm): *Elektronenkanonen hoher Perveanz.*

Der heute vorherrschende Typ von Elektronenkanonen ist die Elektronenkanone nach *Pierce*. Bemessungsvorschriften für solche Kanonen liegen vor für Öffnungswinkel bis zu  $30^\circ$ . Die in modernen Laufzeitröhren auftretende Forderung nach Kanonen, die gleichzeitig hohe Verdichtung und hohe Perveanz besitzen, führt zu Öffnungswinkeln, die erheblich über  $30^\circ$  liegen. Die Formen der Fokussierungs- und der Beschleunigungselektrode können in diesem Fall nach einem vom Verfasser angegebenen analytischen Verfahren berechnet werden. Die von *Pierce* angegebenen Formeln zur Berechnung der Perveanz liefern hinreichend genaue Ergebnisse für Werte der Perveanz bis zu etwa  $1 \times 10^{-6} \text{ A/V}^{3/2}$ . Bei größeren Werten von  $P$  treten erhebliche Abweichungen auf, die durch eine vom Verfasser entwickelte verfeinerte Theorie erfaßt werden können.

Verzichtet man auf das von *Pierce* angegebene Prinzip der annähernd geradlinigen Elektronenbewegung im Beschleunigungsraum, so gelangt man zu anderen Typen von Elektronenkanonen, die sehr hohe Werte der Perveanz und Verdichtung besitzen können (Elektronenkanone nach *Heil* und nach *Hechtel*).

**R. CANTZ** (Telefunken GmbH Ulm): *Messung kleiner Gleichströme mittels Transistorverstärker.*

Gleichstromverstärker mit Transistoren können in Verbindung mit einem relativ robusten und schnell anzeigenden Instrument oft mit Vorteil an Stelle eines hochempfindlichen Spiegelgalvanometers verwendet werden. Die erreichbare Empfindlichkeit hängt von der Konstanz der Stromwerte beim Betrieb der Transistoren ab.

Es wurde die Schaltung eines zweistufigen Gegentaktverstärkers mit 4 Transistoren OC 604 erläutert. Die Transistoren sind zur Stabilisierung der Temperatur-Verhältnisse zusammen mit einem Temperatenausgleichs-Widerstand in einen Topf mit Paraffin eingegossen, und werden nur mit



sehr kleinen Spannungen und Strömen betrieben. Der Verstärker wurde mit einem am Ausgang angeschlossenen Schalttafel-Instrument im Betrieb vorgeführt. Sein kleinster Meßbereich ist  $600 \mu\text{V}$  bzw.  $24 \times 10^{-9} \text{ A}$  bei Vollauschlag, d. h.  $20 \mu\text{V}$  bzw.  $8 \times 10^{-10} \text{ A}$  pro Skalenteil. Die Meß-Unsicherheit infolge spontaner Änderungen der Transistorströme ist  $< 1 \mu\text{V}$  (bei niederohmiger Quelle) bzw.  $< 4 \times 10^{-10} \text{ A}$  bei kurzzeitigen Messungen. Als Stromquelle für den Verstärker dient eine eingebaute Batterie aus 5 gasdichteren Edison-Zellen (6 V, 60 mAh), welche für etwa 20 Betriebsstunden ausreicht.

H. LUEG (Telefunken GmbH Ulm): *Die Bestimmung der Transformationseigenschaften verlustloser Sechspole und Achtpole zwischen homogenen Leitungen mit Hilfe von Kurzschlußschieber-Meßmethoden bei Verwendung der Sechspolkurve, deren Entstehung und graphische Auswertung*

Die experimentelle Bestimmung der Transformationseigenschaften verlustloser Sechspole zwischen homogenen Leitungen ist mit Hilfe von Spannungsknoten-Verschiebungsmessungen am genauesten durchführbar. Bei beliebigen Ausgangsstellungen der Kurzschlußschieber tritt bei einer gleichmäßigen und gleichzeitigen Verschiebung um eine halbe Wellenlänge auf den Ausgangsleitungen i. a. eine Spannungsknotenverschiebung um eine ganze Wellenlänge auf der Eingangsleitung auf. Diese Abhängigkeit wird als Sechspolkurve bezeichnet. Sie läßt sich mit Hilfe der Elemente der Reflexionsmatrix durch die Gleichung

$$-S \frac{X^2}{X_1} = \frac{1 + s_{11}/X_1 + (s_{22} + s_{33})X}{[1 + s_{11}/X_1 + (s_{22} + s_{33})X]^*}$$

darstellen. Dabei sind  $X$  und  $X_1$  komplexe Einheitsvektoren, deren Drehung den Kurzschlußverschiebungen bzw. der Verschiebung des Spannungsknotens auf der Eingangsleitung proportional sind. Aus der Gl. läßt sich ein allgemeines Drehbewegungsgesetz für die Vektoren  $s_{11}/X_1$  und  $(s_{22} + s_{33})X$  ableiten, das es ermöglicht, aus den experimentell bestimmten Sechspolkurven auf graphischem Wege diese komplexen Elemente der Reflexionsmatrix an vorgegebener Stelle der homogenen Leitungen mit hoher Präzision zu bestimmen. Die Sechspolkurvenanalyse kann zur Bestimmung der Transformationseigenschaften verlustloser Achtpole verwandt werden. Man muß dabei beim gleichzeitigen Verschieben der drei Ausgangs-Kurzschlußschieber um eine halbe Wellenlänge lediglich von einer Sperrstellerkombination ausgehen und erhält dann eine Sechspolkurve, deren Reflexionskoeffizient dem Achtpol-Reflexionskoeffizienten  $s_{11}$  gleich ist.